



Aalto-yliopisto
Kemian tekniikan
korkeakoulu

Kemian tekniikan korkeakoulu
Puunjalostustekniikan tutkinto-ohjelma

Tiina Witikkala

**OPPILAS- JA TOIMISTOTYÖPISTEEN KALUSTEIDEN
HIILIJALANJÄLJEN MÄÄRITTÄMINEN**

**Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 4.6.2013.**

Valvoja

Professori Matti Kairi
Professori Olli Dahl

Ohjaaja

Diplomi-insinööri Lauri Linkosalmi
Diplomi-insinööri Jarmo Ylivainio



Tekijä Tiina Witikkala

Työn nimi Oppilas- ja toimistotyöpisteen hiilijalanjäljen laskenta

Laitos Puunjalostustekniikan laitos

Professuurit Puutuotetekniikka ja prosessiteollisuuden
ympäristötekniikka

Professuurikoodit Puu-127 ja
Puu-28

Työn valvojat Professori Matti Kairi ja professori Olli Dahl

Työn ohjaajat/Työn tarkastaja DI Lauri Linkosalmi ja DI Jarmo Ylivainio

Päivämäärä 4.6.2013

Sivumäärä 71

Kieli suomi

Tiivistelmä

Työssä määritettiin Isku Oy:n oppilas- ja toimistotyöpisteen tiettyjen kalusteiden hiilijalanjälki ja vertailtiin muutamia eri vaihtoehtoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Tutkimukseen valitut kalusteet olivat Prima 1130-pöytä ja 1128-pulpetti sekä saman sarjan puukomposiittituoli. Toimistokalustepuolelta valittiin moottoroitu Matrix T EL-työpöytä, Step 23B-työtuoli sekä Tendo-vaakarulokaappi muovisokkelilla. Oppilaspisteen puuraaka-aineina on käytetty lastulevyä, vaneria sekä tuolin istuin- ja selkäosaan viiluja. Toimistotyöpisteen pöytä koostuu melamiinipinnoitetusta lastulevystä, moottorista sekä metallisista jaloista. Työtuolissa on muovin ja metallin lisäksi villa-polyamidikangas sekä muotoonvalettu polyuretaanipehmuste. Tendo-vaakarulokaapin hyllyt ja seinät ovat lastulevyä ja takaseinä HDF-levyä. Viiluja on listoituksissa ja rulo-ovessa.

Kalusteiden hiilijalanjäljet määritettiin elinkaariarvion mukaisesti. Vaikutusluokaksi valittiin ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP₁₀₀). Elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysi suoritettiin Iskun Lahden tehtailla sekä maali- ja lakkamäärät selvitettiin Iskun valmiista tietokannoista. Kalusteiden laskennat mallinnettiin GaBi 4-ohjelmalla seuraten ISO 14044 standardia.

Oppilastyöpisteen kalusteiden hiilijalanjäljet ovat Prima-pöydälle 41,68 kg CO₂-ekvivalenttia, Prima-pulpetille 39,87 kg CO₂-ekvivalenttia ja Prima-tuolille 42,21 kg CO₂-ekvivalenttia. Hiilijalanjälki koostuu oppilastyöpisteen kalusteissa lähinnä metalliosista, sähköstä ja puuosista. Toimistotyöpisteen Matrix-työpöydälle 202,36 kg CO₂-ekvivalenttia, Step-työtuolille 75,81 kg CO₂-ekvivalenttia ja Tendo-kaapille 74,62 kg CO₂-ekvivalenttia. Työpöydän suuri arvo johtuu metallisista jaloista. Kangas ja metalli sähkön ohella olivat Step-tuolin hiilijalanjäljen suurimpia tekijöitä.

Avainsanat Elinkaariarviointi (LCA), hiilijalanjälki, kalusteet

Author Tiina Witikkala		
Title of thesis Calculating carbon footprint of student and office furniture		
Department Department of Forest Products Technology		
Professorship Wood Technology and Environmental technology within process industry	Code of professorships Puu-127 and Puu-28	
Thesis supervisors Professor Matti Kairi and Professor Olli Dahl		
Thesis advisors / Thesis examiners Lauri Linkosalmi M.Sc. (Tech.) and Jarmo Ylivainio M.Sc. (Tech.)		
Date 4.6.2013	Number of pages 71	Language Finnish

Abstract

In this research is calculated carbon footprint for pieces of Isku student and office furniture. Also some comparative calculations were made to see the effect of material choice. The selected pieces of furniture were Prima 1130-desk, Prima 1128-desk and wood composite student chair. The main raw materials for the student furniture are wood based materials and metal. The selected pieces of office furniture were Matrix T EL-office desk, Step 23B-office chair and Tendo-cabinet with a veneer sliding door. The main raw material for office furniture is chipboard and metal for the desk, wool-polyamid fabric, plastic and metal. The cabinet is mainly from particleboard and HDF-board. Some veneer is used in the framing and in the sliding door.

The method of carbon foot calculation is determined by life cycle assessment. The chosen impact category was the global warming potential (GWP₁₀₀). The inventory analysis was conducted in Isku factories in Lahti. Paint, glue and varnish amounts were available from Isku's own database. The modelling of the process and calculations were made with GaBi 4-program and by ISO 14044 standard.

The results of the calculations were to Prima 1130-desk 41,68 kg CO₂-equivalent, Prima 1128-desk 39,87 kg CO₂-equivalent and to the student chair 42,21 kg CO₂-equivalent. The carbon footprint consists mainly from the metal and wooden parts and from the electricity. The results of office furniture are for Matrix-desk 202,36 kg CO₂-equivalent, Step-chair 75,81 kg CO₂-equivalent and for the Tendo cabinet 74,62 kg CO₂-equivalent.

Keywords Life cycle assessment (LCA), carbon footprint, GWP, furniture

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulussa Puunjalostustekniikan laitoksella ja yhteistyössä Isku Oy:n kanssa.

Parhaimmat kiitokset asiantunteville professoreille Matti Kairille ja Olli Dahlille. DI Lauri Linkosalmen ansiosta opin suorittamaan työn tärkeimmän osuuden, GaBilla mallintamisen. Oli hienoa päästä tutustumaan DI Jarmo Ylivainion johdolla suureen suomalaiseen huonekaluyritykseen Iskuun. Olen kiitollinen myös kaikille yhteistyöhenkilöille, jotka auttoivat minua tiedonkeruussa Lahden tehtaalla.

Suurimmat kiitokset tahdon osoittaa edesmenneelle isälleni, äidilleni jääkaapin täyttämisestä, Larille aamukahvin keittämisestä ja ukilleni opintojen rahoittamisesta. Olen myös erittäin iloinen kaikkien ystäväni osoittamasta tuesta ja biletsseurasta opiskeluiden aikana.

Työ on ollut antoisa ja mielenkiintoinen projekti. En olisi koskaan uskonut, että törmäisin Becquerel-yksikköön tai uraanin isotooppien mietintään diplomityötä tehdessäni. Toimikoon se jälleen kerran muistutuksena siitä, että elämässä kaikki on mahdollista.

Espoossa 4.6.2013



Tiina Witikkala

SISÄLLYSLUETTELO

Alkusanat	7
TERMIT JA LYHENTEET	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Tutkimuksen tausta.....	10
1.2 Työn tavoite.....	10
1.3 Työn rakenne	11
1.4 Rajaukset	12
1.5 Isku Oy	12
KIRJALLINEN OSA	13
2 YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT HUONEKALUTEOLLISUUDESSA	13
2.1 Huonekaluteollisuus Suomessa	13
2.2 Ympäristöystävällisten tuotteiden kehittäminen	14
2.3 Katsaus huonekalualan yrityksissä tehtyihin hiilijalanjälkitutkimuksiin	14
2.4 Ympäristönsuojelun ohjauskeinot	15
2.4.1 Ympäristöauditointi	17
2.5 Tietokannat ja ohjelmistot hiilijalanjäljen laskemiseksi.....	18
2.6 Ekotehokkaan mittarin ominaisuudet	19
2.7 Ympäristöseloste ja -merkit.....	20
2.8 Kestävän kehityksen tavoite	20
2.9 Energia ja energiankulutuksen vaikutus	21
2.10 Vihreät julkiset hankinnat	21
3 ELINKAARIARVIOINTI	22
3.1 Elinkaariarvioinnin periaate ja pääpiirteet.....	22
3.1.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely.....	24
3.1.2 Inventaarioanalyysi	24
3.1.3 Vaikutusarviointi.....	25
3.1.4 Elinkaariarvioinnin tulosten tulkinta.....	26
3.2 Lähtötietojen-laatuvaatimukset.....	27
3.2.1 Elinkaariarvioinnin rajoitukset.....	27
3.2.2 Elinkaariarvioinnin kehityssuunnat.....	27
KOKEELLINEN OSA	30
4 TUTKIMUSMENETELMÄ	30
4.1 Hiilijalanjäljen määritelmä ja muita mittayksiköitä	30

4.2	PAS 2050-standardi.....	30
4.3	Vireillä oleva standardi tuotteiden hiilijalanjäljen laskemiseksi.....	31
5	MATERIAALIT SEKÄ KALUSTEIDEN INVENTAARIOANALYYSI	33
5.1	GaBi-laskentaohjelma	33
5.2	Oppilastyöpiste	33
5.2.1	Raaka-aineen hankinta	35
5.2.2	Oppilastyöpisteen kalusteiden valmistusprosessi	36
5.3	Toimistotyöpiste	43
5.3.1	Toimistotyöpisteen kalusteiden valmistusprosessit	43
5.3.2	Raaka-aineen hankinta	46
5.4	Tiedonkeräys ja käytetyt tietokannat.....	53
6	TULOSTEN ANALYSOINTI	53
6.1	Oppilastyöpisteen hiilijalanjälki	53
6.2	Toimistotyöpisteen hiilijalanjälki	56
6.3	Kalusteisiin varastoitunut hiili.....	59
6.4	Vertailevien vaihtoehtojen vaikutus hiilijalanjälkeen	60
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	62
7.1	Johtopäätökset	62
7.2	Näkökohtia jatkotoimenpiteiksi.....	64
8	YHTEENVETO	65
	LÄHDELUETTELO	67
	LIITTEET	72

TERMIT JA LYHENTEET

Allokointi

Allokoinnilla tarkoitetaan tuote- ja syötevirtojen jakamista tutkittavan prosessin yhden tai useamman eri järjestelmän välille.

CO₂-ekvivalentti

Yksikkö, jolla ilmoitetaan kasvihuonekaasu hiilidioksidin ilmastoa lämmittävä vaikutus.

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) on vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä yrityksille, jonka periaatteena on noudattaa ympäristölainsäädäntöä, raportoida julkisesti ympäristöasioista sekä parantaa ympäristönsuojelun tasoa.

Elinkaarianalyysi (Life Cycle Assessment, LCA) on neljästä vaiheesta koostuva menetelmä, jolla arvioidaan tuotteen elinkaaren aikana syntyvät ympäristövaikutukset.

Ilmaston lämpenemispotentiaali (Global Warming Potential, GWP₁₀₀) on karakterisointikerroin, jossa ilmaston lämpenemispotentiaalin vaikutus jaetaan sadalle vuodelle.

Inventaarioanalyysi (Life Cycle Inventory, LCI)

Inventaarioanalyysissä koostetaan ja kuvataan määrällisesti tuotteen elinkaaren aikana syntyvät syötteet ja tuotokset.

Inventaariotulos on tarkasteltavan vaikutusluokan ympäristöä kuormittavan päästön määrä. Esimerkiksi kasvihuonekaasujen emissioiden määrä ilmastonmuutoksessa.

Indikaattoritulos on laskettu alempi lämpöarvo, jonka yksikkö on kg CO₂-ekvivalentti.

Vaikutusarviointi, (Life Cycle Inventory Assessment, LCIA)

Vaikutusarviointi on elinkaariarvioinnin osa, jossa arvioidaan mahdollisten ympäristövaikutusten laajuutta ja merkittävyyttä koko tuotteen elinkaaren aikana.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tuotteiden ja palveluiden valmistuksessa sekä käytössä syntyvät ympäristökuormitukset ovat jatkuvan tarkkailun alla. Yritysten johtajien, hallitusten ja kuluttajien päätösten teon helpottamiseksi on kehitelty useita eri malleja, joista hiilijalanjälki on yksi esimerkki. Kokonaisvaltaiseen ympäristöasioiden tarkasteluun tarvitaan kuitenkin useita eri mittareita.

Yritysassiakkaat edellyttävät hankinnoissa vihreiden arvojen huomioimista, jolloin kilpailutuksissa ei siis vain huomioida tuotteen hintaa, vaan myös ympäristöä kuormittavat vaikutukset. Tämä diplomityö tehdään, jotta huonekaluyritys Iskulla olisi parempi käsitys valittujen kalusteiden hiilijalanjäljen syntymisestä. Elinkaariarvioinnin luonteen vuoksi on tärkeää raportoida käytetyt menetelmät, jotta tuloksia voidaan verrata vastaavanlaisiin tutkimuksiin. Työssä esitellään myös kahden muun suomalaisen huonekaluyrityksen teettämän hiilijalanjälkitutkimuksen tuloksia.

Elinkaariarviointi poikkeaa muista tieteellisistä menetelmistä siinä mielessä, että sen tuloksia ei muuteta yksittäiseksi numeroksi. CO₂-ekvivalentti on yksi vaikutusluokista, mitkä tulevat esille elinkaariarvioinnissa. Tässä diplomityössä hiilidioksidipäästöt ilmoitetaan kalustekohtaisesti yksiköllä kg CO₂-ekv. Etenkin materiaaleilla ja valmistusprosessilla on suuri vaikutus kalusteiden valmistuksessa.

1.2 Työn tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli laskea oppilas- ja toimistotyöpisteen kalusteiden ilmastonlämpenemispotentiaali. Se on elinkaariarvioinnin yksi vaikutusluokka, josta käytetään myös termiä hiilijalanjälki. Valitut oppilaspuolen

kalusteet ovat Prima-pöytä kiinteällä ja Prima-pulpetti avattavalla kannella sekä saman sarjan puukomposiittituoli. Toimistokalustepuolelta valittiin sähkömoottorilla varustettu Matrix T EL- työpöytä (myöhemmin Matrix-työpöytä), Step 23B-työtuoli (myöhemmin Step-työtuoli) sekä Tendo-vaakarulokaappi (myöhemmin Tendo-kaappi.) Tuotteet ovat tarkemmin kuvailtuna kappaleessa 5.

Iskun tarve hiilijalanjäljen määrittämiseen syntyi, kun yritysasiakkaat alkoivat vaatia ympäristönäkökulmien huomioimista kalusteiden hankinnassa. Tämän tutkimuksen tuloksia Isku käyttää mahdollisuuksien mukaan myös markkinointimateriaalissaan.

Työ suoritetaan Aalto-yliopiston Puunjalostustekniikan laitoksella sekä Iskun tehtailla Lahdessa. Huonekalujen elinkaari rajataan käsittämään raaka-aineista tehtaan portille cradle to gate -periaatteella.

1.3 Työn rakenne

Tämä tutkimus jakautuu kirjalliseen ja kokeelliseen osaan. Kirjallisessa osassa tarkastellaan vallitsevaa käytäntöä elinkaariarvioinnissa ja hiilijalanjälkilaskennassa. Lisäksi työssä tarkastellaan elinkaariarvioinnissa yleisesti käytettyjä eurooppalaisia tietokantoja ja käytetyimpiä ohjelmistoja.

Kokeellisessa osassa on tutkittu valittujen oppilas- ja toimistotyöpisteiden ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP₁₀₀). Lopuksi esitellään tutkimustulokset, niihin perustuvat johtopäätökset sekä yhteenveto. Liitteet ovat esitettyinä työn lopussa.

1.4 Rajaukset

Tutkimukseen valittujen kalusteiden komponenttien massat on punnittu mahdollisuuksien mukaan. Komponenttikohtaisesti rajataan raaka-aineiden alkuperä saatavissa olevan tiedon mukaan. Liima-, lakka- ja maalimäärät ovat Iskun ilmoittamia ja niissä on mahdollisuuksien mukaan huomioitu myös hukka. Levymäisten raaka-aineiden kohdalla on huomioitu Iskun ilmoittama hukka tai lisätty se arvion perusteella. Tietokannoista ja kirjallisuudesta pyritään valitsemaan aina se tieto, mikä vastaa todellisia materiaalivalintoja tiedonkeruuprosessissa. Raaka-ainevirtojen arvoja otetaan elinkaari-inventaarioon tietokannoista ja kirjallisuudesta.

Kuljetukset on huomioitu vain yhdensuuntaisella matkalla ja aina 85 %:n täyttöasteella. Työssä käytetään keskimääristä sähkönkulutusta jokaiselle kalusteelle, sillä tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista mitata jokaisen valmistusprosessissa käytettävän koneen ja linjaston sähkönkulutusta. Energiankulutukseen ei ole huomioitu metallimaalaamon käyttämää maakaasua, sillä kulutustietoja ei ollut saatavilla. Kalusteiden elinkaarta käsitellään hyvin lyhyesti, sillä kalusteiden käyttökohteet ovat hyvin erilaisia.

1.5 Isku Oy

Yksityisomisteinen 85 vuoden perinteet omaava Isku kuuluu suurimpiin ja vanhimpiin huonekaluvalmistajiin Suomessa. Yhtymän rakenne koostuu Suomessa ja ulkomailla olevista konsernin yrityksistä. Emoyhtiön tytäryhtiöitä ovat Isku Invest Oy, Isku Interior Oy, Isku Koti Oy, Isku Teollisuus ja Isku Festiva Oy. Muita saman konsernin yhtiöitä on Oslossa, Pietarissa, Moskovassa, Tallinnassa sekä Vilnassa. Näiden tehtävä on hoitaa kohdemaan edustusta ja myyntiä. Isku hakee jalansijaa myös Lähi-Idän markkinoilta. Iskun liikevaihto vuonna 2011 oli noin 153 miljoonaa euroa.

Iskun tehtaat sijaitsevat Lahdessa työllistäen noin 450 työntekijää. Tehdasalue jakautuu koti- ja julkikalustetehtaisiin, mutta alueella on myös vanhoja tuotantotiloja saha- ja levytuotannon jäljiltä. Pääkonttori, kotikalustetehdas ja tehtaanmyymälä sijaitsevat samassa rakennuksessa. Tehtaiden välisestä logistiikasta huolehtii Niemi Oy ja samoin myös jakelusta Iskun myymälöihin ja suoraan julkikalustepuolen asiakkaille. (Isku Oy)

KIRJALLINEN OSA

2 YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT HUONEKALUTEOLLISUUDESSA

2.1 Huonekaluteollisuus Suomessa

Suomessa huonekaluteollisuus on jakautunut muutamaan isoon ja useisiin pieniin yrityksiin. Isoilla yrityksillä kotimaan myynnin lisäksi päävientimaina ovat Ruotsi ja Venäjä, pienten yritysten keskittyessä vain kotimaan myyntiin. Huonekalualan haasteisiin luetaan informaation kulku myynnin, tuotannon ja hankinnan välillä. (Toimialaraportti 2011, s.33 ja 37) Tuotannollisia haasteita tulee kalusteiden eri vaatimuksista, kuten liitoksien ja pintojen käsittely. Huonekalumateriaalien laatuvaatimukset ovat myös usein korkeammat kuin standardit edellyttävät. Materiaaleihin lukeutuvat sahatavara, viilut ja liimapuulevyt. Yleisimpiä kotimaisia käytettyjä puulajeja ovat koivu, mänty ja kuusi. Ulkolaisia puulajeja taas ovat punapyökki ja tammi. (Isomäki et al. 2002, s. 131) Levymäisiä tuotteita tarvitaan keittiön ja hyllyjen sekä kaapistojen lisäksi useiden huonekalujen runkoihin. Kalusteesta riippuen käytetään myös metallia, lasia, kangasta ja kovaa sekä pehmeää muovia. (Auvinen et al. 2002, s.119 ja 123–124) Kankaan raaka-aine on suuri ympäristökuormite. Sekoitekankaalla voidaan saada valmistusvaiheen vedenkäyttöä pienemmäksi. (De Saxce et al. 2012, s. 221 ja 224)

2.2 Ympäristöystävällisten tuotteiden kehittäminen

Tuottavilla yrityksillä on vastuu kehittää tuotteistaan ympäristöystävällisiä. Siihen nivoutuu myös logistiikka, kuljetukset sekä käytöstä poistettavan kalusteen käsittelyä koskeva tieto. Uusien tuoteinnovaatioiden kehittäminen sekä suunnittelussa huomioitu elinkaariajattelu ovat vahva osa tuotepolitiikkaa. (Honkasalo 2001 s. 23) Väitettä tukee Lindmanin tutkimus (2011), jonka mukaan yksittäinen yritys voi korkeatasoisella muotoilulla taata asiakkaalle laatua. Auvinen et al. (2002 s.151) listaa ekologisen näkökohdan kalusteiden suunnittelussa yhteen ergonomisuuden ja käyttöturvallisuuden kanssa.

Honkasalo (2001 s. 21) ehdottaa yhdeksi keinoksi parantaa tuotekehitystä yhdistämällä eri osapuolien mahdollisuutta vaikuttaa ympäristöominaisuuksien kehittelyyn tuotekehitysprosessissa. Haasteeksi ympäristöystävällisissä tuotteissa voi muodostua hinnan ja laadun ero tavallisiin tuotteisiin verrattuna.

Paljon metallisia osia sisältävissä kalusteissa tulisi huomioida kierrätyksen merkitys. Jos elinkaari arvioidaan kehdosta hautaan -periaatteella, metallien kierrätys ja kierrätetyn metallin käyttö alentaa hiilijalanjälkeä. Bala et al. (2010) osoittaa tämän eri metalliseoksista tehdyllä 15 kiloa painavalla toimistotyötuolilla. Käyttämällä kierrätettyä materiaalia 17 % tuolin massasta, ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP_{100}) alenee 5,4 kg CO₂- ekvivalenttia kierrätettyä metalliakiloa kohden. Suurin osuus ilmastonlämpenemispotentiaalista tulee materiaalien tuotannosta ja komponenttien valmistamisesta. Tuotteen kokoaminen, pakkaaminen, valmiin tuotteen kuljetus sekä jätteen loppukäsittely ovat minimaalisia tekijöitä ilmastonlämpenemispotentiaalin synnyssä. (Gamage et al. 2008, s. 401–401 ja 405)

2.3 Katsaus huonekalualan yrityksissä tehtyihin hiilijalanjälkitutkimuksiin

Martelan teettämässä diplomityössä (Junnikkala 2011) painotettiin ekologisen suunnittelun merkitystä sekä osoitettiin materiaalien vaikuttavuus hiilijalanjäljen

suuruuteen. Tutkimuksessa laskettiin Gabi-ohjelmalla puisen ja kromatun- sekä jauhemaalatuon tuolin hiilijalanjälki. Kokonaan puisen tuolin hiilijalanjälki oli 80–75 prosenttia pienempi kuin niiden tuolien, joissa materiaalina oli metallia.

Nikari Oy:n (2013) teettämän hiilijalanjälkitutkimuksen mukaan puisten 4–8 kiloa painavien huonekalujen hiilijalanjälki Gabi-ohjelmalla laskettuna on noin 6 kg CO₂-ekvivalenttia. Tässä laskelmassa on huomioitu myös työntekijöiden työmatka. (Nikari Oy 2013) Magerholm Fet et al.:n (2009, s. 204–205) tutkimuksessa huonekalujen hiilijalanjälkeä pystyttiin pienentämään 3 % kierrätettyjä materiaaleja käyttämällä. Tutkimuksessa vertailtiin myös puisen ja metallisen rullatuolin hiilijalanjälkeä. Puisen tuolin hiilijalanjälki oli kolmanneksen pienempi kuin metallisen.

Fomkinin (2010) keittiön ympäristövaikutuksia tutkivassa työssä todetaan, että pintakäsittelyllä on suurin vaikutus hiilijalanjälkeen. Työssä oli mukana tammisia ja koivuisia keittiön osia ja puulajien välinen ero oli suhteellisen pieni.

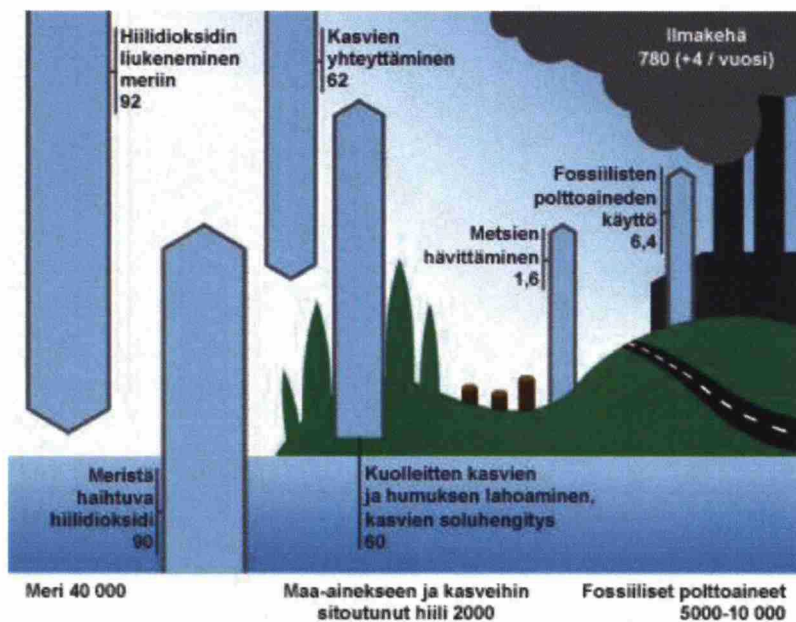
2.4 Ympäristönsuojelun ohjauskeinot

EU on säättänyt useita eri direktiivejä kestävän kehityksen periaatteen mukaan sekä kiinnittänyt huomiota yritysten elinkaarimenetelmien käyttöön ja soveltamiseen yrityksissä. Ecodesign-direktiivi on aikaisemmin ollut EuP-direktiivi energiaa kuluttavista tuotteista. Tämä koskee siis lähinnä sähkölaitteita, mutta sen periaate on oivallinen. Sen mukaan jo suunnitteluvaiheessa on kiinnitettävä materiaalivalintoihin ja valmistusprosessien valintaan huomioita, jotta valmistus- ja käyttövaiheen energiantarve sekä päästöt olisivat mahdollisimman pienet. (Antikainen et al. 2012, s. 21 ja EuP-direktiivi 2009)

Vihreä yritysmalli (green business model) eroaa puhtaasti teknologian (cleantech) yritysmallista siinä suhteessa, että yrityksen strategia huomioi tuoteketjun ja lisäarvon, minkä tuottaa asiakkaalle. Tämä voi edellyttää eri yritysten välistä yhteistyötä sekä innovatiivisia yritysstrategioita.

Elinkaarisen kokonaiskestävyyden arviointi (Life Cycle Sustainability Assessment) ottaa huomioon myös taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset, joten se soveltuu paremmin pitkän aikavälin strategiaan valintoihin yrityksen päätöksenteossa. Tavallisesta elinkaariarvioinnista huomioitaisiin vain ympäristöindikaattorit. (Antikainen et al. 2012, s. 23)

Kuva 1 esittää hiilidioksidin kiertokulkua maan, meren ja metsien välillä. Nuolien suuruus kuvaa liukenevia ja haihtuvia määriä.



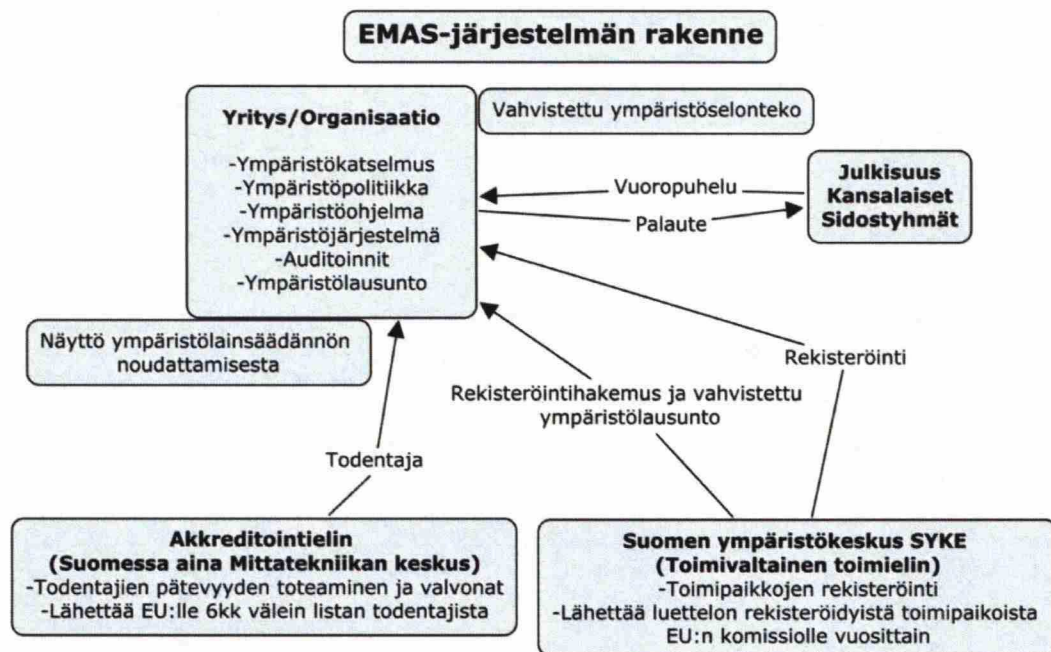
Kuva 1. Hiilidioksidin absorboituminen ja hiilen kiertokulku. (Ilmatieteen laitos 12.3.2013)

Hiilidioksidipitoisuuden kasvu on ollut hyvin lineaarista. YK:n ilmastokokouksessa on luotu tavoitteet kasvihuonekaasujen leikkaamiselle. Tällä hetkellä uskotaan, että ilmakehään ihmisen toimesta päässeet tuhat miljardia tonnia kasvihuonekaasuja nostavat lämpötilaa 1 °C:lla. On arvioitu, että 1700-luvun teollistumisen jälkeen ilmakehään on siirtynyt 375 miljardia tonnia kasvihuonekaasupäästöjä ja metsien hakkuiden kautta 180 miljardia tonnia. (Lähde: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/582264> [Viitattu 13.3.2013]) Etenkin

kehitysmaissa on huomioitava kestävän metsä- ja maatalouden merkitys, jotta pystytään taata ruoan tuotanto ja hyvälaatuinen puuraaka-aines jalostettavaksi.

2.4.1 Ympäristöauditointi

EMAS-asetus (Eco-Management and Audit Scheme) on EU:n vapaaehtoiseen ympäristönsuojeluun ja avoimeen raportointiin perustuva auditointijärjestelmä julkisille ja yksityisille yrityksille. Sen perusteella yritysten tulisi jatkuvasti parantaa ympäristönsuojeluaan samalla noudattaen ympäristölakia. EMAS-järjestelmän avulla yritys pystyy itse hahmottamaan paremmin toimintansa vaikutuksia ja riskejä. Usein EMAS mielletään tärkeäksi osaksi yrityksen ympäristöimagoa. (Hollo, 2009, s. 491) Kuva 2 on kuvattu Suomen Ympäristökeskuksen suhdetta EMAS-järjestelmän akkreditoijana. Siitä voi myös huomata EMAS-järjestelmän vaativuuden, mikä on laajempi kuin ISO-standardilla.



Kuva 2. EMAS-järjestelmän rakenne (Lähde: Suomen Ympäristökeskus SYKE [Viitattu: 29.01.2013])

2.5

Tietokannat ja ohjelmistot hiilijalanjäljen laskemiseksi

Elinkaarianalyseissä alkuolettamukset ja perustiedot voivat hankaloittaa erojen hahmottamista haitallisten vaikutusten arvioinnissa. Kattavien elinkaarianalyysien tekeminen on kallista ja aikaa vievää. (Honkasalo 2001, s. 27)

Tietokannat jakautuvat ilmaisiin, kansainvälisiin ja maksullisiin kansainvälisiin tietokantoihin. Ilmaisia ja kattavia tietokantoja ovat esimerkiksi ruotsalaisen Chalmersin yliopiston SPINE@CPM-tietokanta sekä Euroopan komission keräämä tietokanta European Rederence Life Cycle Database (EPLCD). ([Viitattu 10.5.2013] <http://lifecyclecenter.se/> ja <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>) Myös yhdysvaltalainen U. S. Life-Cycle Inventory (NREL) on kattava tietokanta, mutta kohdistettu lähinnä yhdysvaltalaiseen tuotantoon, komponentteihin ja kokoamiseen. ([Viitattu 10.5.2013] <http://www.nrel.gov/lci/>)

Maksullinen sveitsiläinen Ecoinvent-tietokanta on kattava ja liitettävissä useaan ohjelmistoon. Ecoinventiin on lisätty myös vaikutusarviointimenetelmätuloksia. (Ecoinvent-tietokanta) Tietokannoille on tyypillistä, että prosessit ovat kehdosta hautaan tai kehdosta portille periaatteella, mutta myös yksikköprosessien tietoja on saatavilla. On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi saksalainen vanerin valmistusprosessi ei ole suoraan verrannollinen Suomen olosuhteisiin, sillä kansallinen sähköenergian tuotantotapojen jakauma on erilainen. Toisaalta monet Suomessa käytettävät raaka-aineet prosessoidaan ulkomailla, jolloin tietokannat ovat hyviä lähteitä. Tuotekohtaisia tietolähteitä on esimerkiksi World Steel Association ja muoviin keskittyvä Plastics Europe. ([Viitattu 10.5.2013] <http://www.worldsteel.org/faq/about-worldsteel-statistics.html> ja <http://www.plasticseurope.org/>)

Ohjelmistoja hiilijalanjäljen laskemiseksi on useita ja joissakin on useita tietokantoja valmiiksi. Ohjelmistojen periaatteet ovat hyvin samanlaisia, suurimpana erona ovat ohjelmistojen mahdolliset eri tietokannat. (Rice et al. 1997) Suomessa tunnetuimpia ovat GaBi, SimaPro ja Umberto. (Antikainen 2010)

s.21) Lisäksi eri yrityksillä on omia laskureita hiilijalanjäljen laskemiseksi, kuten esimerkiksi CRNetillä ja EPECC:n Ecocity Evaluator. (Moring 2013 ja [Viitattu 12.5.2013] <http://www.ecocity.fi/evaluator/>) Unter et al. (2004) painottaa hyvän ohjelman ominaisuudeksi tietojen lisäämisen ohjelman tietokantaan. Tällainen ominaisuus sopii hyvin tutkijalle. Teollisuudessa ohjelmistoja käytetään ympäristöystävällisyyden parantamiseksi.

Käytön kannalta on parasta, jos käytettävä tietokanta ja mallinnettava prosessi ovat selkeästi eroteltu, tallennettavissa ja muokattavissa. Lisäksi käytettävän tietokannan tai tietokantojen tulee olla ajan tasalla sekä läpinäkyviä. Useissa ohjelmissa onkin toiminto, mikä ilmoittaa päivitysmahdollisuuksista ohjelmistoon ja tietokantaan. (Unter et al. 2004)

2.6 Ekotehokkaan mittarin ominaisuudet

Ekotehokas mittari huomioisi tasapuolisesti kaikkia osa-alueita, mitä elinkaariarvioinnissa tarvitaan. Ideaalinen ekotehokas mittari täyttäisi monenlaisia kriteerejä, joihin törmää muissakin teknisissä yhteyksissä. Tämän mittarin ominaisuuksiin kuuluisi luotettavuus, käyttökelpoisuus, lähtötietojen helppo saatavuus, yksinkertaisuus ja tulosten helppo tutkittavuus, tuloksen toistettavuus, kansainvälinen vertailukelpoisuus, soveltuvuus eri maiden olosuhteisiin sekä objektiivisuus. (Nevalainen, s. 6, 2009)

Tärkeää tällaisen mittarin käytölle on myös se, että mittavirheet voitaisiin helposti minimoida ja määrittää. Lisäksi mittarin lähtötietoihin ei tule tehdä liikaa oletuksia, sillä se lisää lopullisen tuloksen epävarmuutta. Jos jokin virallinen taho kerää tietoa, niin sitä voidaan pitää luotettavana ja käyttää lähtötiedoissa lopputuloksen pysyessä relevanttina.

Mitattavan kohteen ja tuloksen eettisyyden kannalta järjestelmän tulee olla objektiivinen, jottei mittaja voi vaikuttaa tulokseen omilla arvovalinnoillaan. (Nevalainen 2009, s.6-7)

2.7 Ympäristöseloste ja -merkit

Suomessa huonekaluille alettiin suunnitella ympäristöselostetta suhteellisen myöhään, vasta 2000-luvun alussa. (Kivi et al. 2004) Kuitenkin koko 2000-luvun ajan on suunniteltu ja julkaistu useita eri standardeja ja selosteita selventämään yritysten ympäristötoimintaa. Vuonna 2012 julkaistiin rakentamistuotteiden kestävyys ja ympäristöselosteisiin keskittyvä standardi. (SFS-EN 15804, 2012)

III-tyypin ympäristöseloste on määrällisen ympäristötiedon pohjalta laadittu seloste, mikä kertoo ympäristöparametrien käytöstä ja ympäristöön liittyvistä tiedoista. Sitä voidaan käyttää etenkin yritysten väliseen viestintään. Se tarjoaa tietoa ennalta määrätyistä ympäristöparametreista. Lisätieto voi olla määrällistä tai laadullista, mutta ympäristöparametrien arvot perustuvat aina ISO 14040- ja ISO 14044-standardeihin. Tämän tyyppisen ympäristöselosteen verifioi aina kolmas osapuoli. (SFS-EN ISO 14025, s. 12) Suomessa tunnetuimpia ympäristömerkkejä ovat Joutsenmerkki sekä valvotusta luomutuotannosta kertova tuoteryhmäkohtaisesti kehitetty Luomu-merkki.

2.8 Kestävän kehityksen tavoite

Kestävän kehityksen periaate on avoin ja poliittisluontoinen periaate niin tulkinnallisesti kuin sisällöllisestikin. Muihin ympäristöllisiin ohjausperiaatteisiin verratessa tällä periaatteella on vahva taloudellinen sekä sosiaalinen ulottuvuus. Näin halutaan huomioida myös kehitysmaita ja köyhyyden poistamista. (Hollo, s. 53, 2009)

Seuraamuksellinen elinkaariarviointi (Concequential LCA, CLCA) on laajenevassa määrin käytetty mallintamistekniikka seuraamaan päätöksenteon seuraamuksia. Selkeyden puute ja ei-systemaattinen työskentelytapa ovat kuitenkin CLCA:n heikkouksia. (Zamagnini et al. 2012, s904–918)

2.9 Energia ja energiankulutuksen vaikutus

Espanjalaisen tutkimuksen (Gonzales-Garcia et al. 2011, s.15) mukaan puisten huonekalujen valmistusprosessissa on kiinnitettävä huomiota valmistusprosessin energiankulutukseen ja myös siihen, että millaisella suhteella uusiutuvaa ja uusiutumattomaa sähköä käytetään. Usein myös metalliosat ja kuljetusmatkat kasvattavat hiilijalanjälkeä (GWP). Samassa tutkimuksessa tutkittiin myös ekologisen suunnittelun merkitystä, sillä jo suunnitteluvaiheessa on pohdittava materiaalivalintoja ja valmistusprosessin optimointia, jotta itse valmistus olisi mahdollisimman ympäristöystävällinen.

Uusiutuvien energialähteiden käyttö pienentäisi hiilijalanjälkeä. (Fomkin 2010)

2.10 Vihreät julkiset hankinnat

Vihreillä julkisilla hankinnoilla tarkoitetaan julkisten tahojen hankintoja, joiden kriteerit huomioivat ekologisempia hankintaratkaisuja. Ympäristönäkökohdat ovat julkisessa kilpailutuksessa huomioitu useilla eri aloilla. Esimerkiksi Iskulla selvitetään myös puun alkuperää samanaikaisesti tämän diplomityön kanssa. (Soljamo 21.2.2013)

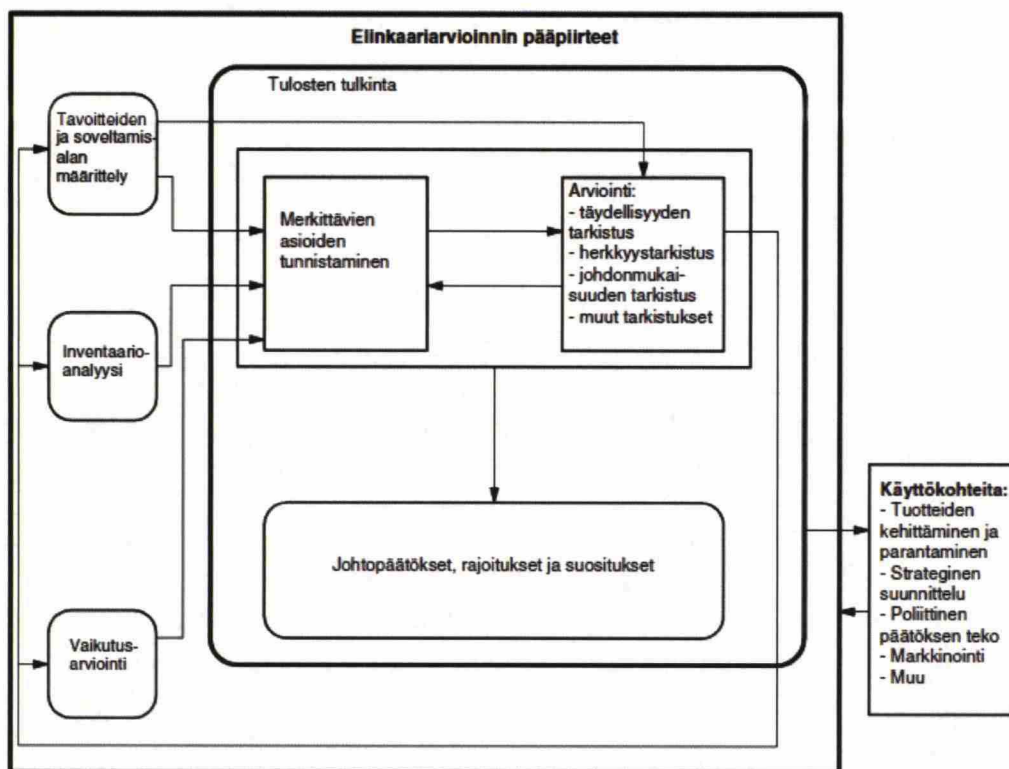
Valtionhallinnon puitesopimustoimittajan, Hansel Oy:n, kanssa tehtävät kaupat toimistokalusteista edellyttävät tiettyjen kriteereiden täyttymistä ympäristövaatimuksissa. Hanselin listauksessa huomioidaan kaikki materiaalit ja ohjeistetaan, miten tarjoajan, siis huonekalutavalmistajan, on todennettava vaatimusten täyttäminen. Isku on yksi Hanselin puitesopimustoimittajista. Selvityksessä kysytään muun muassa puun ja puupohjaisten levyjen ominaisuuksia. Esimerkiksi bambua voidaan käyttää edellyttäen, ettei se tule metsistä, joissa on korkea biologinen ja/tai sosiaalinen arvo. Lisäksi ekokalusteiden kohdalla vaatimukset PEFC- ja FSC-sertifioidusta puusta tulee olla vähintään 70 % käytettävän puumateriaalin määrästä. (Mikola, liite 1 ja 2, 2010)

Lind (2010 s.63) toteaa julkisten hankintojen olevan alihyödynnetty keino ekologisen kestävyuden lisäämiseksi. Ostajalla on suuri rooli ekohankinnoissa, sillä ilman kysyntää ympäristönsuojelevaa tuotantoa ei laajenneta. Valtion ja kuntien hankinnoissa liikkuu kymmeniä miljardeja euroja, joilla voidaan vaikuttaa vihreisiin hankintoihin niin tuotteissa kuin palveluissakin. Nissinen (2004 s. 9) huomioi raportissaan miksi ekohankintoja tehdään. Kestävä kehitys on poliittinen päätäntä sille, että ihmiskunta ei voi enää rajattomasti käyttää raaka-aineita tuotteiden valmistamiseen. Niinpä kilpailutuksessa puhutaankin kokonaistaloudellisesti kestävästä valinnoista, jolloin tarjouspyyntöhetkellä kriteerit ovat muuta kuin vain raha.

3 ELINKAARIARVIOINTI

3.1 Elinkaariarvioinnin periaate ja pääpiirteet

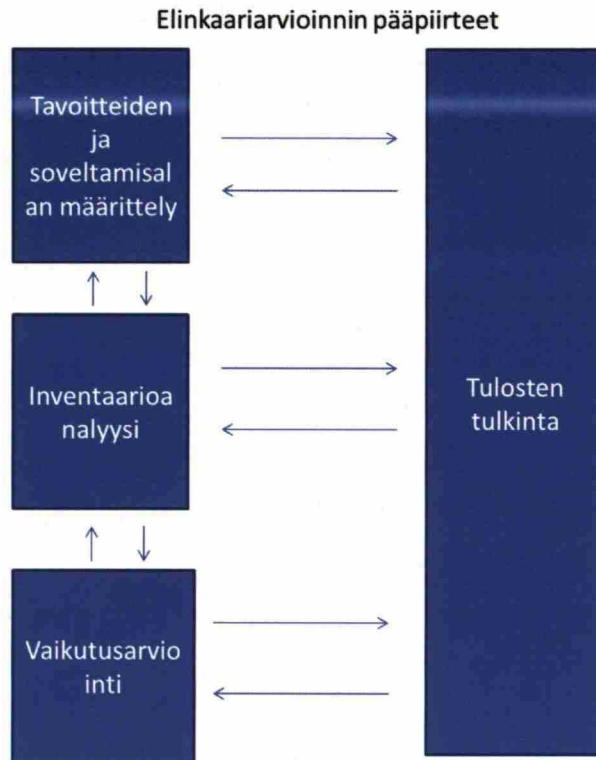
Standardissa SFS-EN 14044 määritellään ympäristöasioiden hallintaa, elinkaariarviointia, sen vaatimuksia ja suuntaviivoja. Tämän standardin lisäksi SFS –EN ISO 14040 (2006) on ympäristöasioiden hallintaan, elinkaariarviointiin, sen perusteisiin ja viitekehykseen keskittyvä standardi. Elinkaariarvioinnin pääpiirteisiin kuuluvat tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. Jokaisen vaiheen kohdalla tulee tarkastella edellistä ja tulevaa kohtaa sekä rinnakkain kulkevaa tulosten tulkintaa. Kuten kuvassa 3 esitellään eri vaiheiden suhde toisiinsa, tulee myös huomioida muitakin asioita, mitkä liittyvät elinkaariarviointiin.



Kuva 3. Tulosten tulkintavaiheen suhde elinkaariarvioinnin muihin vaiheisiin. (ISO 14044, 2006, s. 56)

Ympäristövaikutusten arviointia voidaan tarkastella monelta eri kantilta. Mittari voi olla yksinkertaisesti taloudellinen, termodynaaminen, ekologinen, sosiopoliittinen, kemiallisiin muutoksiin perustuva tai näiden kombinaatio. (Antikainen 2010 s. 50)

Bradyn et. al:n (2011, s. 517) mukaan elinkaarianalyysin sovelluksia tulee toteuttaa harkiten. Esimerkiksi strategisessa suunnittelussa elinkaariarviointi tukee pitkän aikavälin päätöksiä. Päätöksentekoon liittyy myös vastuu. Ekologisesti tehokkaan toiminnan saavuttamiseksi pitää olla valmis tukemaan uusia ideoita ja vähentää materiaalien käyttöä. (Popoff et al. 1993)



Kuva 4. Elinkaariarvioinnin pääpiirteet (SFS-EN ISO 14044 2006, s. 24)

3.1.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

Yritys voi käyttää elinkaariarviontia ympäristöstrategian suunnitteluun, tuotekehitykseen, markkinointiin, vertailuun, lainsäädännön seuraamiseen sekä ympäristömerkkien hankkimiseen.

Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyssä tulisi mainita aiotaanko tuloksia käyttää julkisissa vertailuväitteissä. Koko selvityksen ajan on pidettävä huolta, että se tehdään läpinäkyvästi ja luotettavien lähtötietojen pohjalta. (SFS-EN ISO 14040, s. 30) Lisäksi julkisesti käytettävissä elinkaariselvityksissä on suoritettava kriittinen arviointi. (SFS-EN ISO 14040, s.40–42)

3.1.2 Inventaarioanalyysi

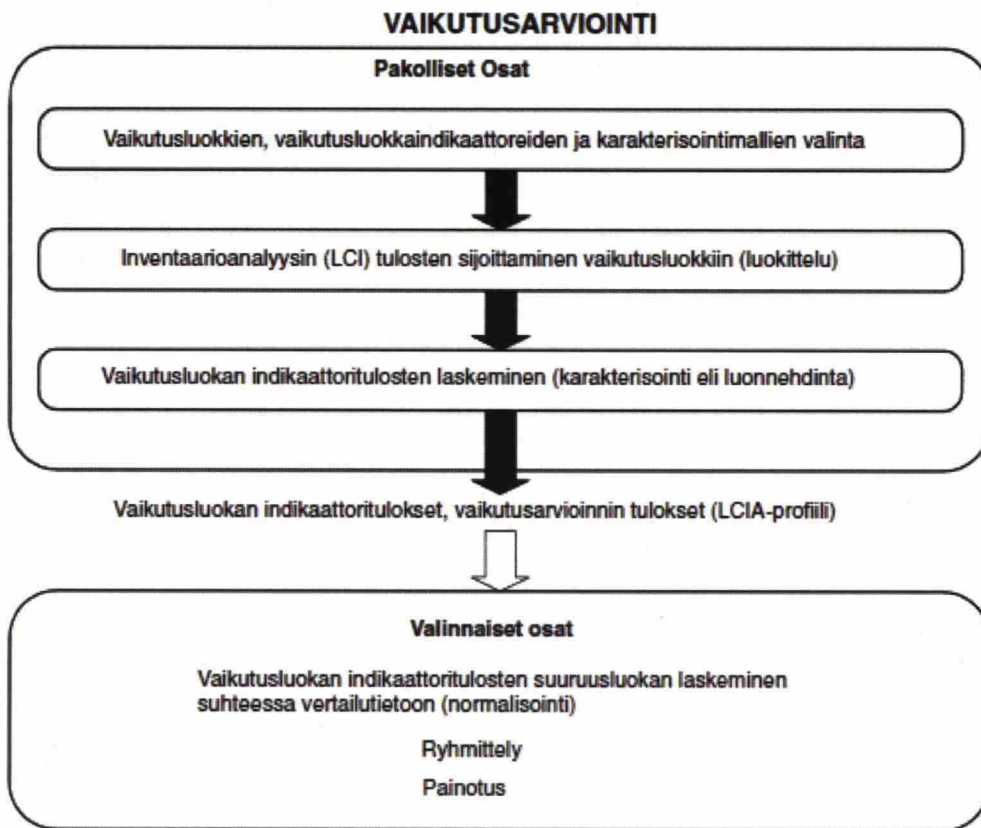
Inventaarioanalyysissä voidaan tarkastella eri ympäristövaikutuksia, kuten energiankulutusta, kasvihuonekaasupäästöjä ja happamoitumiseen vaikuttavia päästöjä. (Guinée 2010 s. 477)

ISO 14040-standardin mukaan prosesseissa, joissa tuotetaan useampia tuotteita samanaikaisesti, allokoidaan ympäristövaikutukset eri tuotteille. Jos prosessi on vain mahdollista jakaa, niin se on suotavaa, jolloin allokoinnilla saadaan monimutkaisistakin prosesseista luotettavia tuloksia. Yksi jakotapa on tarkastella prosessin syötöksiä ja tuotoksia taloudelliselta kannalta. Näitä olisivat energia ja materiaalit yksikköprosessin tai prosessisysteemin jälkeen valmis tuote, eli tuotos. Jos jakotavaksi valitaan ympäristönäkökohdat, syötöksenä ovat muun muassa maankäyttö ja biologiset resurssit sekä tuotoksen puolella, prosessin päästöinä, päästöt veteen, ilmaan ja maahan sekä hukkalämpö. (Guinée 2010 s. 479)

3.1.3 Vaikutusarviointi

Vaikutusluokka-arvioinnissa inventaariotietoja kytketään eri ympäristövaikutusluokkiin ja vaikutusluokkaindikaattoreihin. Subjektiiivisuus nousee tässä kohtaa esiin, sillä vaikutusluokkien mallinnukseen ja arviointiin tehtävät valinnat pohjautuvat arvovalintoihin. Tässä kohtaa on kuitenkin mahdollista tehdä iteratiivisempaa lähestymistapaa, jolloin elinkaariarviointiselitystä voidaan muuttaa tavasta ja lähtökohdasta riippuen. (SFS-EN ISO 14040, s. 34–36)

Kuva 5 on kuvattu vaikutusarvioinnin pakolliset osat järjestyksessä sekä valinnaiset osat.



Kuva 5. Vaikutusarviointivaiheen osat (ISO 14040 2006, s. 36)

3.1.4 Elinkaariarvioinnin tulosten tulkinta

Tulosten tulkintaan liittyy vahvasti merkittävien asioiden tunnistaminen, johtopäätökset, rajoitukset ja suositukset. Arvioinnissa tarkistetaan johdonmukaisuus ja tutkittavan elinkaariarvioinnin täydellisyys ja herkkyys. Nämä termit viittaavat siihen, että käytetyt arvot ovat luotettavia ja tarpeeksi tarkkoja. Lopulta nämä edellä kuvaillut pääpiirteet palvelevat tuotteiden kehitysprojekteja, strategian suunnittelua, poliittista päätöksentekoa sekä markkinointia.

3.2 Lähtötietojen laatuvaatimukset

Standardin ISO 14044 (2006) mukaan lähtötietojen laatuvaatimukset tulee kuvailla kattamaan ajallisesti, maantieteellisesti, teknologisesti, tarkkuus sekä sähkönkulutuksen täydellisyys (sähkövirran prosenttiosuus mitattuna tai arvioituna) kerättyjen tietojen edustavuus, johdonmukaisuus sekä toistettavuus. Lisäksi tulee listata tietojen edustavuus suhteessa tuotannon määrään, esimerkiksi olettamista syntyvä epävarmuus ja tiedon lähteet.

3.2.1 Elinkaariarvioinnin rajoitukset

Elinkaariarviointi tarjoaa stabiilin lähestymistavan, joten sen avulla on hankala pohtia esimerkiksi kehittyneemmän tekniikan tuomia hyötyjä. Elinkaariarviointi lineaarisuudessaan ei puutu lainkaan ekonomisiin tai sosiaalisiin vaikutuksiin, vaan itse tuotteeseen. Lisäksi elinkaariarviointia pidetään tieteellisenä, mutta siihen sisältyy paljon olettamuksia. Aina tulee muista, että elinkaariarviointi on analyyttinen työkalu päätöksenteon helpottamiseksi. (Guinée et al. 2010, s. 8–9) Tällä hetkellä elinkaariarvioinnissa ei huomoida kulttuurisia, poliittisia tai kulttuurisia seikkoja. Tällaisiin seikkoihin luetaan esimerkiksi raskaan teollisuuden patentit, joiden laajamittainen hyödyntäminen ei onnistu rajoitusten takia. (Heijuns 2010, s.427)

3.2.2 Elinkaariarvioinnin kehityssuunnat

Elinkaariarvioinnin kehityskohteet voidaan jakaa vaikutusarvioinnin tuloksiin, jotka kuvaavat ns. potentiaalisia ympäristövaikutuksia, tarpeellisten ympäristöongelmien luotettavaan kuvaamiseen sekä erilaisten ympäristöindikaattoreiden samanaikaiseen parhaaseen kombinaatioon. On selvää, että elinkaariarviointi ei kerro absoluuttisia ympäristövaikutuksia, esimerkiksi happamoituminen ei ole jokaisessa ympäristössä samanlainen. Nykyinen trendi tarkkailtavissa kohdissa liittyy vahvasti ilmastonmuutokseen sekä vedenkäyttöön.

Elinkaariarviointi huomioi puutteellisesti melun ja hajun. Lisäksi kehitystä odotetaan sisäilman ja toksisuuden vaikutusten arviointimenetelmässä. (Antikainen et al., 2012 s. 41) Samassa linjassa ovat Finnveden et al. (2009, s.15), heidän mukaansa tulevaisuudessa on huomioitava paremmin biodiversiteetin ja puhtaan veden kulumisen elinkaariarviointia tehdessä.

Espanjalaisessa tutkimuksessa todetaan myös, että suunnittelijoiden ja ympäristöviranomaisten yhteistyö sekä ekologinen tuotanto ovat avainasemassa ekologisemman huonekalun valmistamiseksi. (Gonzales-Garcia et. al. 2010 s. 325)

Taulukossa 1 ympäristönsuojelunohjauskeinot esitetään vallitsevan ajatusmaailman vaikutusluokkajako.

Taulukko 1. ILCD-käsikirjan mukainen jaottelu elinkaaren ympäristöluokista. (ILCD Handbook)

<u>Inventaariotiedot</u>	<u>Keskipiste ja vaikutusluokat</u>	<u>Loppupiste</u>
	Ihmiselle myrkyllinen	Ihmisen terveys
	Hengitysvaikeudet	
	Melu	
	Onnettomuudet	
	Ilmastonmuutos	Luonto ja ihminen
	Ionisoiva säteily	
	Otsonikato	
	Fotokemiallinen otsonin muodostuminen	
	Happamoituminen	Luonnon ympäristö
	Rehevöityminen	
	Ekotoksisuus	
	Maankäyttö	Luonnonvarat
	Luonnonvarojen ehtyminen	
	Kuivuminen, suolaantuminen	

Elinkaarihallinnan suosituksetkin linjaavat että julkisissa hankinnoissa painotettaisiin enemmän elinkaaripohjaisia valintoja. (Antikainen et al. s. 57. 2012),

Elinkaariarvioinnin tulevaisuuden näkymissä kaavaillaan elinkaarikestävyysarviointia (Life Cycle Sustainability Analysis, LCSA). Mallinnus olisi nykyistä elinkaariarviota monimutkaisempi, sillä se on määrä perustua taloustieteeseen, päätöksentekoteoriaan sekä termodynamiikkaan. (Antikainen 2010 s.46) Kortelaisen (2010) mukaan erilaisten elinkaarimetodiikkojen (LCA, IO-analyysi, hiilijalanjälki) käyttömahdollisuudet, heikkoudet ja vahvuudet tiedostetaan kuitenkin huonosti. Tutkimuksessa on myös huomautuksena, että eri menetelmät tuottavat ristiriitaisia tuloksia ja herättävät hämmennystä lukijoiden keskuudessa.

Moreau et al. (2012, s. 335 ja 340) mukaan tietoa voi puuttua erikoisista prosesseista, satunnaisesta syystä tai jopa olemattomista prosesseista. Heidän tutkimuksessaan kohteena oli energiantuotantolaitos, jossa suunnittelulla pystyttiin optimoimaan luotettavimpia tuloksia elinkaariarviointiin. Tulevaisuudessa olisi hyvä myös pohtia ohjeistusta luotettavien tulosten saamiseksi ja teknologiaa mahdollisimman todenmukaisen laskennan saavuttamiseksi.

Etiikka on yksi näkökanta elinkaariarviointiin. Joko menneisyyteen suuntautuva tai tulevaisuuteen suuntautuva elinkaariarviointi voi olla mahdollinen painopiste. Ensin mainitussa tutkitaan ympäristöä kuormittavia virtoja, mikä vaikuttaa vahvasti ekosysteemin pienimpiin osiin. Jälkimmäisen kohdalla vaikutukset olisivat enemmänkin kokonaisvaltaisempia ekosysteemille. (Ekvall 2005, s.1228)

KOKEELLINEN OSA

4 TUTKIMUSMENETELMÄ

4.1 Hiilijalanjäljen määritelmä ja muita mittayksiköitä

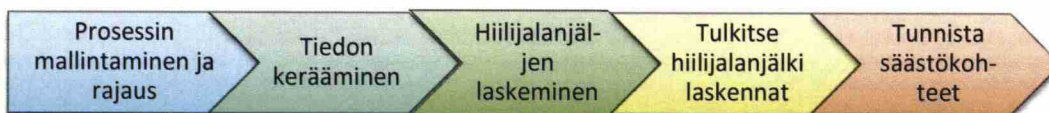
Hiilijalanjäljen laskeminen on haasteellinen kysymys, sillä määritelmästä riippuen laskelmaan voidaan ottaa muitakin kasvihuonekaasuja (SO_2 , N_2O , NH_4 , NO_x) kuin hiilidioksidi.

Ekotehokkuutta voi mitata esimerkiksi MIPS:n avulla. Lyhenne on sanoista *material input per service unit*, mikä tarkoittaa materiaalien jakoa palvelusuoritteella. Riippuen laskentakohteesta voidaan käyttää myös MI:tä, *material input* tai MIT, *material intensity*. (Ritthoff et al. 2002, s.12).

Wiedmanin (2007, s. 3) mukaan hiilijalanjälki on mitta suorista ja epäsuorista hiilidioksidipäästöistä tuotteen elinkaaren aikana. Wiedman myös muistuttaa, että julkiseen ja akateemiseen hiilijalanjälki-termin käytössä on eroja sekä ehdottaa hiilijalanjäljen määritelmän pohjaksi yleisesti hyväksyttyä käytäntöä ja lähestymistapoja mallintamiseen.

4.2 PAS 2050-standardi

Englantilainen, vapaasti saatava, PAS 2050-standardi pohjautuu olemassa oleviin ISO 14040- ja 14044-standardeihin. Se on kolmen eri instanssin, Defra:n (Department for Environment, Food and Rural Affairs, DECC:n (Department of Energy and Climate Change) sekä BIS:n (Department for Business, Innovation and Skills) kehitystyön tulos. (BIS 2011) Standardin tueksi on laadittu ohjekirja, jotta erilaisten yritysten olisi helpompi soveltaa standardia käytäntöön. Kuvassa 6 havainnollistetaan PAS 2050:n mukaista toimintamallia. Ensiksi määritellään prosessin rajat sekä määritellään, miten kasvihuonekaasut lasketaan prosessin sisällä.



Kuva 6. Askeleet hiilijalanjäljen laskemiseksi PAS 2050:n mukaan (The Guide to PAS s. 4, 2011)

4.3 Vireillä oleva standardi tuotteiden hiilijalanjäljen laskemiseksi

Kansainvälinen yhteistyö elinkaariajattelun parissa on edellytys sille, että tulevaisuudessa elinkaariajatteluun perustuva tuotanto olisi vallitseva tapa. Standardin ISO 14067 Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication (hiilijalanjälki tuotteille - kvantitatiiviset vaatimukset ja ohjeistukset) arvioitiin astuvan voimaan vuonna 2010, mutta sopijamaat pohtivat tätä diplomityötä tehtäessä standardin muotoilua. Jotta ISO-standardi voitaisiin hyväksyä, 75 % jäsenvaltioista on hyväksyttävä se.

ISO 14076:n mukaan tuotteen hiilijalanjäljestä kommunikoitaessa tulisi huomioida läpinäkyvyys ja oikeudenmukaisuus. Kuulijakunnan tulisi ymmärtää tehty laskelma tuotteen hiilijalanjäljen laskemisesta ja siihen liittyvistä olettamuksista. Oikeudenmukaisuusperiaatteen mukaan tulee huomoida, ettei lukia sekoita kasvihuonekaasupäästöjä tavoiteltuihin kasvihuonekaasujen vähentämiseen. Kaavassa 1 on esitelty ISO 14076:een liittyvä kaava, jossa huomioidaan raaka-aineen ominaisuuksia.

$$E_M = E_V + E_{EOL} - A \times R \cdot E_V, \quad (1)$$

jossa E_M on raaka-aineen hankintaan sidotut ja loppukaaren operaation kasvihuonepäästöt,
 E_V on kaiken raaka-aineen tuottamisessa syntyneet kasvihuonekaasut olettaen niiden olevan primäärisestä materiaalista valmistettua.
 E_{Eol} on kasvihuonepäästöt loppuelämänsäkaaren toimenpiteistä,
 A allokointitekijä,
 R materiaalin kierrätyksen aste ja
 $R \cdot E_V$ kierrätyksen hyvitys.

Kaavassa 2 on esitelty, miten puuhun ja puuperäisiin tuotteisiin ilmasta peräisin olevan hiilidioksidi voidaan laskea.

$$M_{CO_2} = \frac{36,7}{2} \times \frac{\rho_{\%} \times V_{W\%}}{1 + W_{\%}/100} \quad (2)$$

jossa M_{CO_2} on varastoituneen hiilidioksidin massa,
 $\rho_{\%}$ on tiheys puuaineksesta, minkä kosteusprosenttia määritellään,
 $V_{W\%}$ on tilavuus puuaineksesta, minkä kosteusprosenttia määritellään ja
 $W_{\%}$ on puuaineksen kosteusprosentti.

5 MATERIAALIT SEKÄ KALUSTEIDEN INVENTAARIOANALYYSI

Isku Interiorin toimistokalusteet ovat mukana Hanselin valtiohallinnon toimistokalusteet kilpailutuksessa. Huonekaluissa on huomioitu muotoilun ajankestävyys, jolloin asiakkaalle ei synny tarvetta vaihtaa huonekaluja useasti. Huomattava etu Iskulla muihin kilpailijoihin on kotimaisen puuaineen jäljitettävyys. (Isku)

5.1 GaBi-laskentaohjelma

Ilmastonlämpenemispotentiaali suhteutettuna sataan vuoteen (GWP_{100}) laskettiin GaBi 4-ohjelmalla, johon Aalto-yliopistolla on lisenssi. GaBin tietokannan lisäksi hyödynnettiin muita tietokantoja, kuten Ecoinventiä. Tietokantojen käyttäminen on pyritty toteuttamaan niin, että olosuhteet vastaisivat oikeita tilanteita Iskulla tehtyihin mittauksiin verrattuna.

GaBiin piirrettiin jokaisen kalusteen kohdalle virtauskaavio, jossa jokainen kalusteeseen vaadittava komponentti on omana osaprosessina. Jokaiselle osakomponentille huomioitiin matkat joko pelkästään maanteitse tai meri- sekä maateitse. Kun virtauskaavio oli valmis, laskettiin ilmastonlämpenemispotentiaali, Leidenin yliopiston kehittämällä metodilla CML 2001 Nov 09-kohdan mukaan, sillä se oli käytössä olevan ohjelmiston ajan tasalla olevin laskelmavaihtoehto. Kaikille komponenteille oletettiin 85 %:n täyttöaste ja vain yhdensuuntainen matka. Merikuljetuksille laskettiin 250 km:n mukainen matka sisävesialuksella, sillä tietokannan seuraava laivakoko olisi ollut valtamerialus. Tätä sovellettiin kuitenkin Euroopan ulkopuolelta tuleviin kuljetuksiin. Jokaiselle prosessille valittiin Suomen olosuhteisiin sopiva sähkönkäyttö PE International-tietokannasta.

5.2 Oppilastyöpiste

Oppilastyöpisteeseen kuuluu tuoli ja pöytä. Tähän tutkimukseen on valittu Prima-tuoli ja kaksi eri mallista oppilaille sopivaa pöytää. Toisessa on pelkkä kansi ja

toinen on perinteinen pulpetti avattavalla kannella. Kaikissa kalusteissa on metalliset sekä muoviset jalkatulpat. Kuvissa 7 ja 8 ovat esiteltyinä valitut kalusteet. Lisäksi kalusteisiin tulee ruuvien lisäksi metallisia osia, jotta käytössä tuolia istuinkorkeutta voi säätää käyttäjän pituudesta riippuen.



Kuva 7. Kannellinen Prima-pulpetti ja koivulaminaattinen Prima-oppilastyötuoli. (Isku 2013)



Kuva 8. Massiivikoivukantinen Prima- pulpetti ja koivulaminaattinen Prima-oppilastyötuoli. (Isku 2013)

5.2.1 Raaka-aineen hankinta

Oppilastyöpisteen raaka-aineet koostuvat metallisista jaloista ja puisista istuin- tai pyötäosista. Metalliosat saapuvat suomalaiselta alihankkijalta. Prima-tuolin viilut tulevat kotimaiselta ja ulkomaiselta toimittajalta. Viilujen muotoon puristuksessa käytetään liimaa ja pintaan käytetään suomalaista lakkaa. Tässä tutkimuksessa muttereiden ja ruuvien hankinta on yleistetty yhteen toimittajaan.

Oppilastyöpisteen elinkaarta ajatellen voidaan arvioida, että metallin valmistus, hitsaaminen ja maalaaminen ovat elinkaaren kannalta suurin. Oppilastyöpisteen elinkaari alkaa raaka-aineiden valmistuksesta. Valmistuksen ja käytön jälkeen puuosat voidaan polttaa tai hyödyntää levymäisten tuotteiden valmistuksessa. Metalliset jalat voidaan kierrättää kokonaan.

Taulukossa 2 on esitelty oppilastyöpisteen komponenttien keskimääräiset kuljetusmatkat. Ulkomailta tulevien komponenttien reitiksi on laskettu aina Ruotsin kautta kulkeva rekka-laiva-kuljetus.

Taulukko 2. Oppilastyöpisteen eri komponenttien kuljetusmatkat.

Materiaali	Kuljetusmuoto	Kuljetusmatka (km)
Oppilastyöpisteen yhteise raaka-aineet		
Metalliset jalat	Rekka	120
Jalkatulpat	Rekka	70
Prima-pöytä		
Pinnoitettu lastulevy	Rekka	30
Liimat	Rekka/laiva	1860/250
ABS-reunanauha	Rekka	3
Prima-pulpettimalli		
Puiset osat	Rekka	70
Liimat	Rekka	130
Lakat	Rekka	120
Metalliosat	Rekka	120
Prima-tuoli		
Pintalaminaatit	Rekka/laiva	3000/250
Viilut	Rekka	40
Liimat	Rekka	120
Lakka	Rekka	120

5.2.2 Oppilastyöpisteen kalusteiden valmistusprosessi

Tässä tutkimuksessa mukana olevat oppilastyöpisteen kalusteet koostuvat metallisesta alaosasta ja pöytätaso tai istuinosat tuolissa ovat puuperäisiä materiaaleja. Kannellisen pulpetin osat koostuvat vanerista ja massiivikoivuisesta kannesta. Kannen säätöä varten pulpetin sisällä on metallinen tuki kannen kaltevuutta säätämään. Lisäksi säädettäviin jalkoihin ja kiinnitykseen käytetään erilaisia muttereita, ruuveja ja niittejä. Kaikki puupinnat käsitellään vesiohenteisilla lakoilla. Kiinteäkantisen pulpetin kansi on valmiiksi pinnoitettu alihankkijalla. Julkikalustetehtaalla tehdään reunavalu ja CNC-koneistetaan kynäkaukalo, minkä jälkeen tuote voidaan koota valmiiksi.

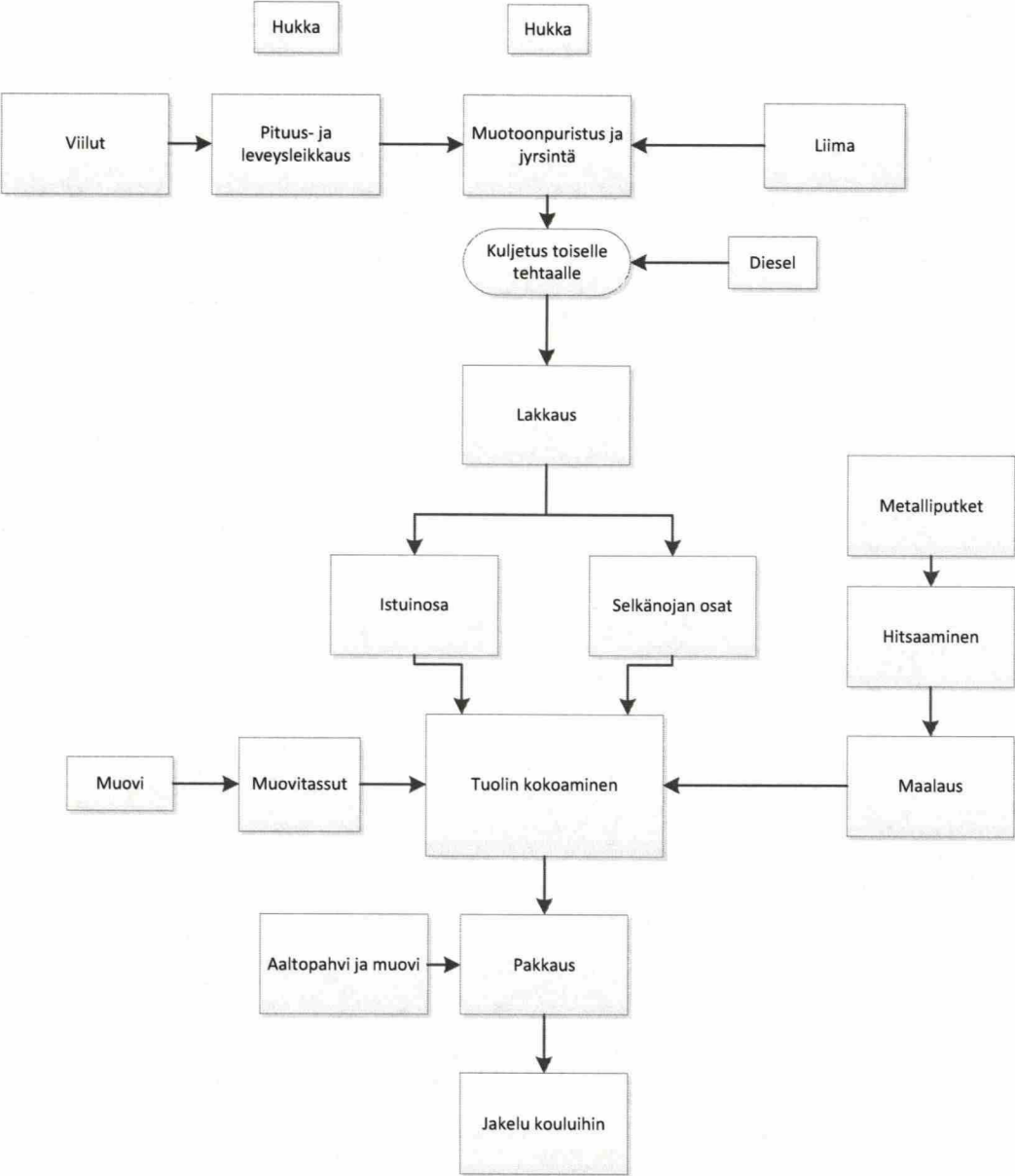
Määrämittaan leikatut metalliputket tulevat Iskulle heidän alihankkijaltaan.

Pulpetin ja tuolin metalliosat hitsataan Iskun tehtaalla. Hitsaamisen jälkeen osat maalataan ionisoidulla maalilla metallimaalaamossa. Kun pulpetin ja tuolien metalliosat ovat valmiit, ne kuljetetaan Iskun julkikalustetehtaalle.

Julkikalustetehtaalla määräsahtaan ja lakataan pulpettien puiset osat. Kokoonpanossa liitetään puuosat, muoviset jalkanastat ja pakataan. Ennen asiakkaalle lähettämistä tuote odottaa lähettämössä kuljetusta suoraan asiakkaalle.

Metalliset osat tulevat valmiiksi pilkottuina alihankkijalta Iskulle, minkä jälkeen ne hitsataan. Tuolin ja pöytien jalat maalataan metallimaalaamossa, jossa lämpötila nousee 200 °C:een. Puiset osat ja metallijalat yhdistetään kokoonpanossa. Kuvassa 9 on Prima-tuolin valmistuskaavio.

Prima-oppilastyötuoli



Kuva 9. Prima-tuolin valmistuskaavio.

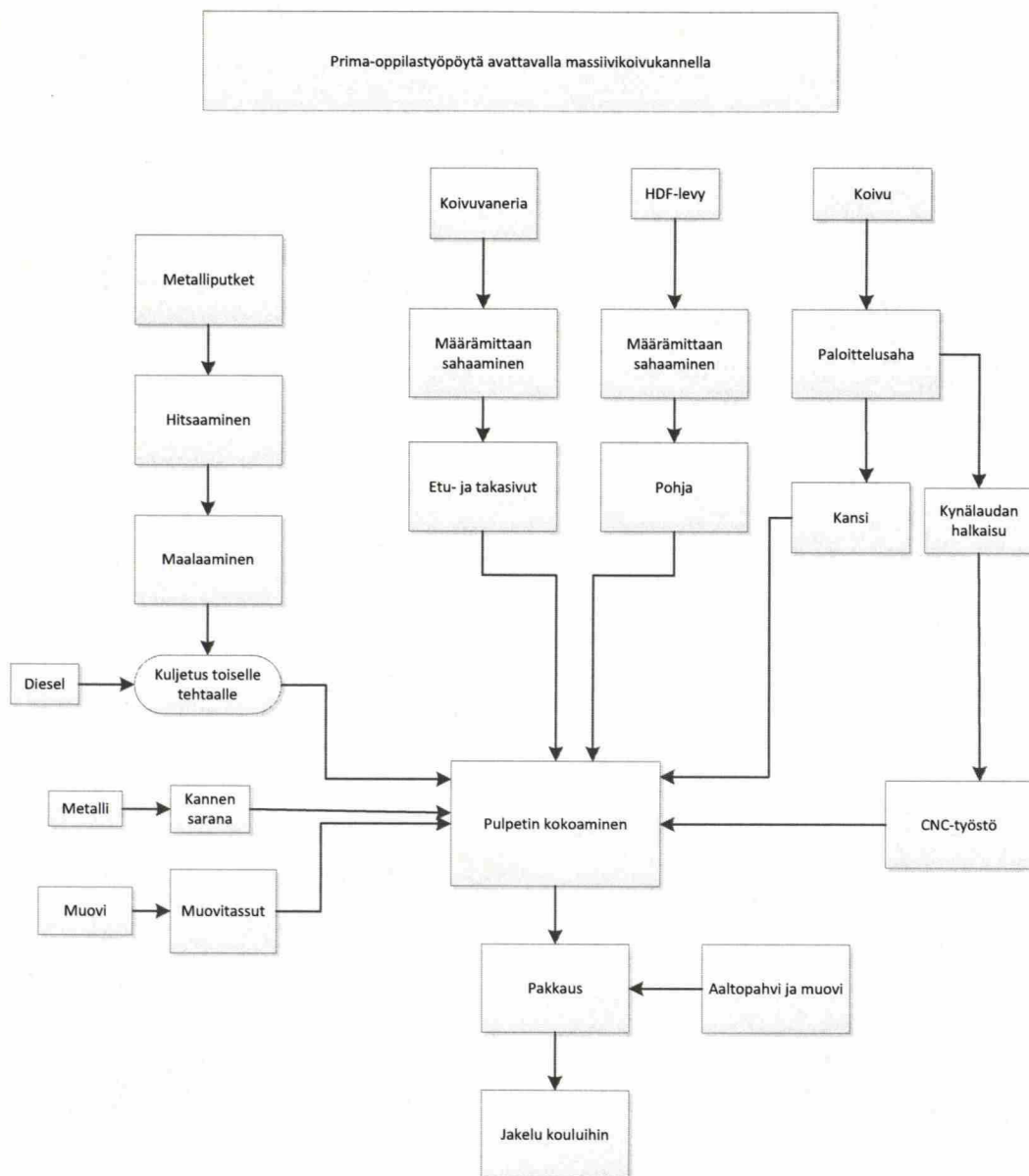
Taulukossa 3 on eritelty eri materiaalien osuus painosta. Metalliosiin sisältyy mutterit, jalat ja sinkityt metalliosat. Puuosissa ovat kaikki viilut ja ulkomaiselta alihankkijalta tulevat pintalaminaatit. Kemikaaleihin on sisällytetty liimat sekä lakat. Muoviosat koostuvat jalkanastoista.

Taulukko 3. Prima-tuolin osien osuus painosta.

Prima-tuoli		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus(%)
Metallit, sis. Sinkityn metallin	5,695	41,69
Puuosat	6,41	46,94
Kemikaalit	1,432	10,48
Muoviosat	0,121	0,89
Yht.	13,66	100,00

Seuraavissa kuvissa 10 ja 11 ovat esiteltyinä pulpettien valmistuskaaviot.

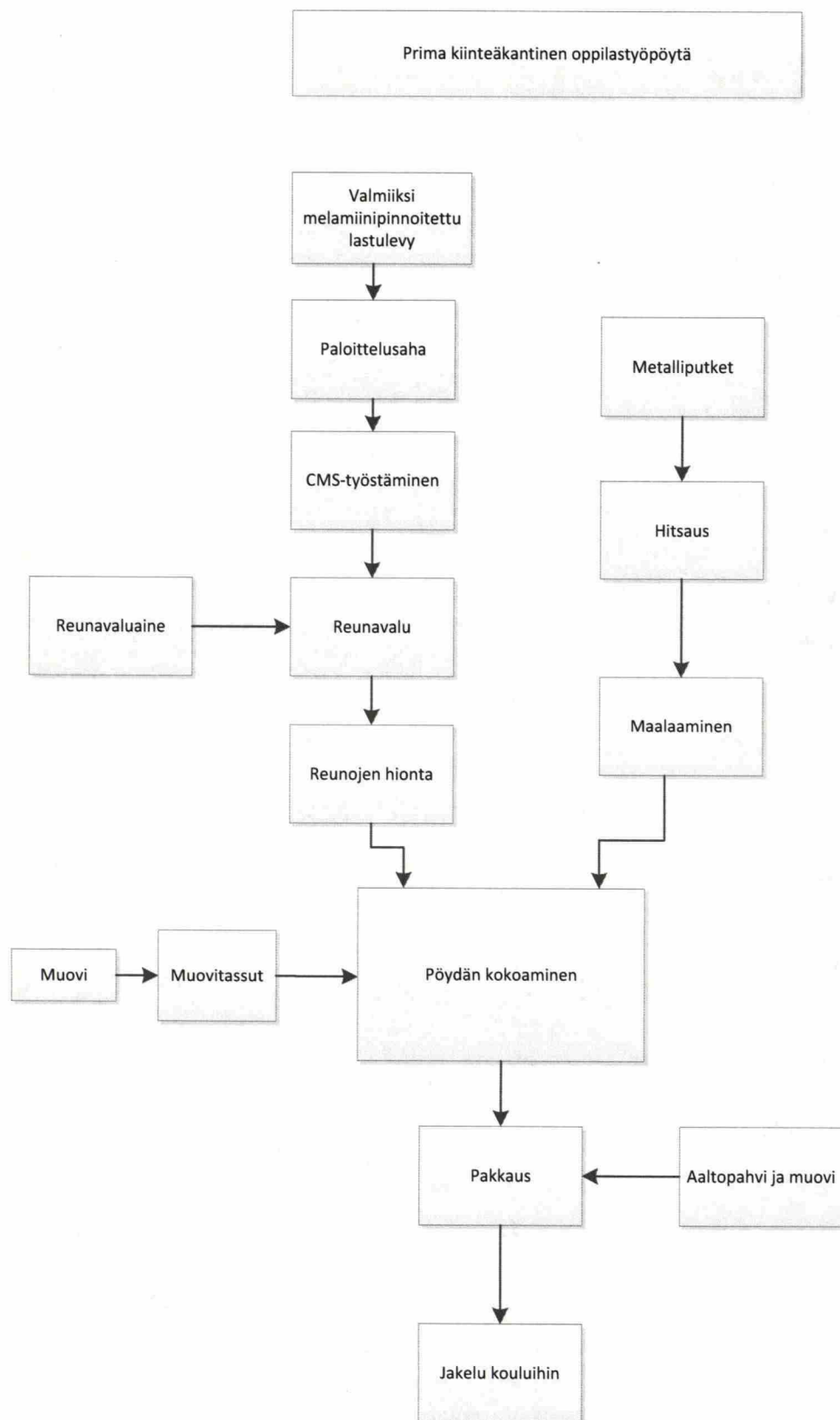
Taulukoissa 4 ja 5 ovat esiteltyinä pulpettien raaka-aineiden painon osuus kalusteen kokonaismassasta.



Kuva 10. Laatikkomallisen pulpetin valmistuskaavio.

Taulukko 4. Prima-pulpetin osien osuus painosta.

Prima-pulpetti		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus (%)
Puuperäiset levymateriaalit	5,61	43,00
Kemikaalit	0,52	4,01
Muoviosat	0,13	1,01
Metalliosat	6,78	51,98
Yht.	13,05	100,00



Kuva 11. Kannellisen oppilastyöpöydän valmistuskaavio.

Taulukko 5. Prima-pöydän osien osuus painosta.

Prima-pöytä		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus (%)
Puuperäiset levymateriaalit	6,38	46,69
Kemikaalit	0,38	2,78
Muoviosat	0,12	0,88
Metalliosat	6,78	49,64
Yht.	13,66	100

5.3 Toimistotyöpiste

Toimistotyöpisteeseen luetaan tässä työssä pöytä, kaappi ja tuoli. Moottoroidussa pöydässä säätöalue sallii työntekijän ergonomisen asennon myös seistessä. Seuraavaksi on esitelty eri toimistokalusteiden materiaaleja.

5.3.1 Toimistotyöpisteen kalusteiden valmistusprosessit

Moottoroitu työpöytä

Matrix-toimistotyöpöytä koostuu metallisista jaloista, pinnoitetusta lastulevystä ja moottorista johtoineen ja tarvikkeineen. Kuvassa 12 on esitelty Matrix-työpöytä. Lastulevy tulee valmiiksi pinnoitettuna Koskisen Oy:ltä. Se paloitellaan ja reuna käsitellään pinnan väriseksi. Kokoonpanossa liitetään jalat, moottori, johdot, johtoritilä ja painike. Moottori johtoineen ja ohjauspaneeleineen sekä metalliset jalat tulevat ruotsalaiselta alihankkijalta. Työpöydän mallintamisessa ei ole huomioitu moottorin valmistuskustannuksia, sillä tietokannoissa ei ollut vastaavaa tuotetta. Moottoriin liittyvät osat arvioitiin metallin ja muovin välille.



Kuva 12. Matrix-toimistotyöpöytä. (Isku 2013)

Toimistotyötuoli

Step-työtuoli koostuu muovisesta ristikosta, metalliosista, joilla kiinnitetään kaasujousi sekä käsinojat. Työtuoli on esitelty kuvassa 13. Käsinojat koostuvat kahdesta eri muovista, polyamidista ja polystyreenistä. Istuin- ja selkäosien polyuretaanipehmuste muotoonvaletaan alihankkijalla. Rakenteissa on vaneria, mitkä valmistetaan Iskun julkikalustetehtaalla. Kokoonpanossa lisätään selkänojaan vielä alihankkijalta ostettu vaneri. Kangas on 90 %:sti villaa ja 10 % on polyamidia. Polyamidi takaa nukkaantumattomuuden ja sen korvaaminen esimerkiksi viskoosilla on hankalaa värjäämisprosessin takia. Kankaalle ei ole laskettu hiilijalanjälkeä (Ekman, puhelinhaastattelu 20.3.2013). Sen mallintamisessa hyödynnetään laskelmaa villa-polyamidikankaan tietokantatietoja, jossa on 85 % villaa ja polyamidia 15%.

(<http://www.bogesunds.se/Environment.aspx> [viitattu 13.3.2013])

Laskelmissa ei ole huomioitu pakkauksen kierrätysastetta.



Kuva 13. Step 23B-työtuoli. (Isku 2013)

Vaakarulokaappi

Tendo-vaakarulokaappi koostuu HDF-levystä sekä lastulevystä. Vaakarulon etupuolella olevat listat ovat koivuviilua. Tendo-kaappi on esitelty kuvassa 14. Kaapin alaosaan voi valita useita eri jalkavaihtoehtoja, mutta tähän tarkasteluun on valittu muovisokkelilla varustettu kaappi. Kaapin valmistuksessa osaprosesseina on hyllyjen, taka- ja sivusivujen paloittelusahaamisen jälkeen reunojen peittäminen. Levyt rei'itetään ja kokoonpanolinjalla kasataan levyosat yhteen. Kuvassa 14 on tarkemmin esitelty kaapin valmistuskaavio. Kokoonpanossa toimii kaksi työntekijää, jotka asentavat rulo-oven, lukon ja listat. Kokoonpanosta valmis kaappi menee pakattavaksi ja lopulta lähettämöön odottamaan keräilyä. Alihankkija hoitaa jakelun asiakkaalle, joten erillistä varastoa lähettämön ja asiakkaan välissä ei ole.



Kuva 14. Tendo-vaakarulokaappi. (Isku 2013)

5.3.2 Raaka-aineen hankinta

Toimistotyöpisteen raaka-aineen hankinta on yksinkertaistettuna taulukossa 6. Lastulevyt tulevat Lahden läheltä niin kaappiin kuin toimistotyöpöytäänkin. HDF-levyn matkaa ei ole laskettu valmistajalle saakka, sillä tarkkaa alkuperää ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut saatavilla. Työpöydän moottori ja jalat, mitkä soveltuvat pöydän nostamiseen ja laskemiseen, tulevat suoraan ruotsalaiselta toimittajalta. Pöydän reuna siistitään ABS-reunanauha-aineella, mikä toimitetaan lahtelaiselta alihankkijalta.

Kaapin muovinen sokkeli tulee suomalaiselta alihankkijalta suoraan valmiina koottavaksi kaappiin. Rulo-ovi ja siihen kiinnitettävä lukko tulevat eurooppalaisilta alihankkijoilta. Step-työtuolin polyuretaanimuovi

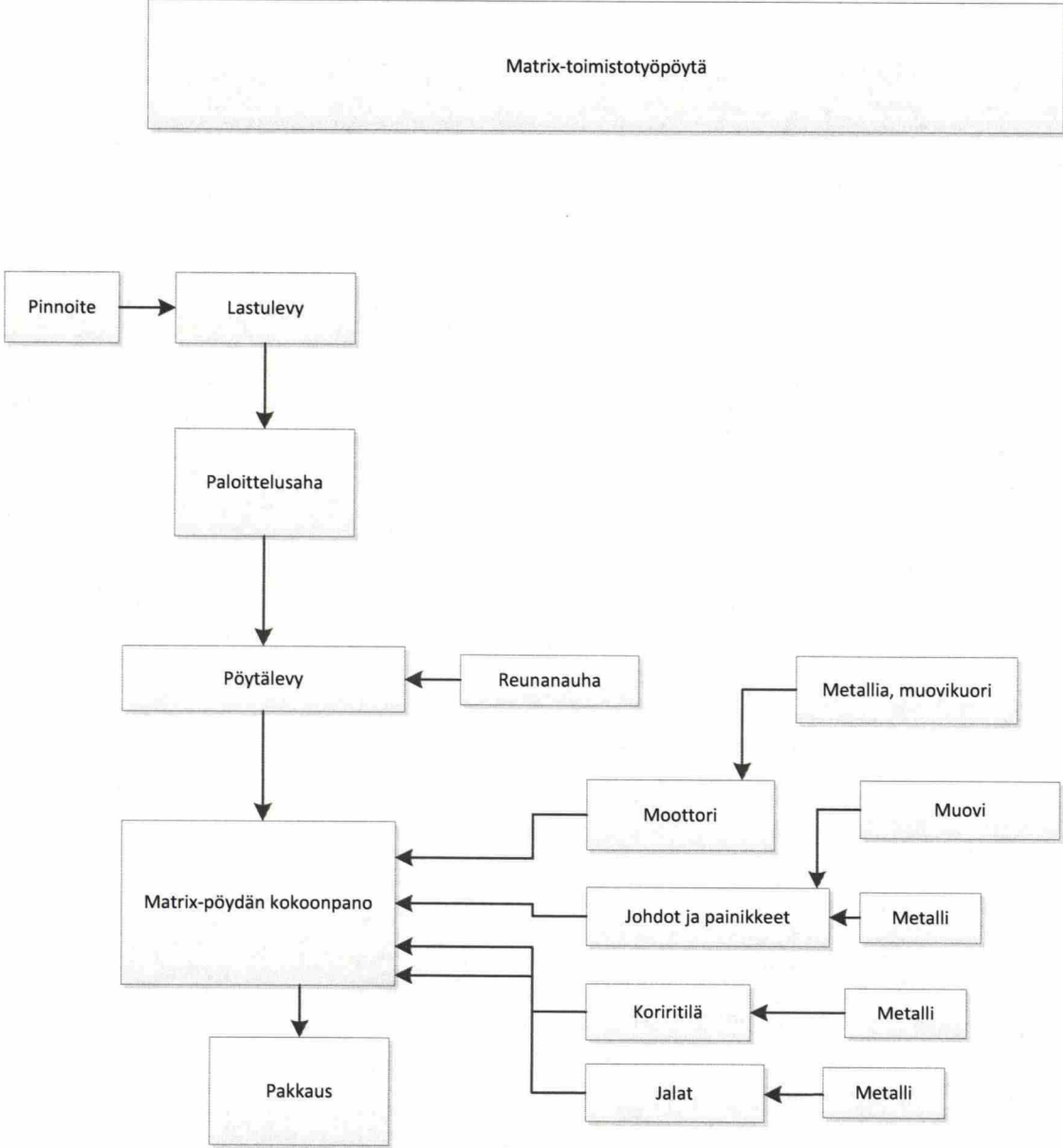
muotoonvaletaan Iskun alihankkijalla Lahdessa. Kangas kudotaan ja värjätään Euroopassa, mutta kuitujen alkuperä on Uudesta-Seelannista laadun takia. Metalliosien ja muoviosien alihankkija on sama, mutta taulukossa ne on eritelty erikseen, jotta osat olisivat helpompi hahmottaa.

Toimistotyöpisteen valmiiden kalusteiden elinkaari voi olla kolmesta vuodesta yli kymmeneen vuotta. Kuluttaja voi halutessaan toimittaa palavat osat energijakeeseen ja työtuolin metalliosat metallikeräykseen. Työpöydän moottorin voi toimittaa sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyspisteeseen. Taulukossa 6 on esitelty toimistotyöpisteen osien kuljetusmatkat.

Taulukko 6. Toimistotyöpisteen kalusteiden komponenttien kuljetusmuodot ja -matkat.

Materiaali	Kuljetusmuoto	Kuljetusmatka (km)
Matrix-työpöytä		
Pinnoitettu lastulevy	Rekka	30
Moottorin metalliosat (sis. muovipinnoite)	Rekka ja laiva	950
Kemikaalit	Rekka	130
Metalliset osat	Rekka	120
Tendo-vaakarulokaappi		
Lastulevy	Rekka	30
HDF-levy	Rekka	3
Muovinen sokkeli	Rekka	250
Ruuvit ja mutterit	Rekka	70
Lukko ja lukkorunko	Rekka/Laiva	3000/250
Rulo-ovi	Rekka/laiva	780/250
Listat	Rekka/laiva	780/250
Maalit	Rekka/laiva	640/250
Step 23B-työtuoli		
Kangas	Rekka/laiva	880/250
Vaneri	Rekka	3
Viilut	Rekka	40
Polyuretaanipehmuste alihankkijalla	Rekka	6
Ruuvit ja mutterit	Rekka	70
Metalliset osat	Rekka/laiva	120/6000
Käsinojat	Rekka/laiva	120/6000
Kaasujousi	Rekka/laiva	120

Kuvissa 15-17 on esitetty toimistokalusteiden valmistuskaaviot. Taulukoissa 7-9 on esitelty kalusteiden eri osien osuus painosta.



Kuva 15. Matrix- toimistotyöpöydän valmistuskaavio.

Taulukko 7. Matrix-työpöydän osien osuus painosta.

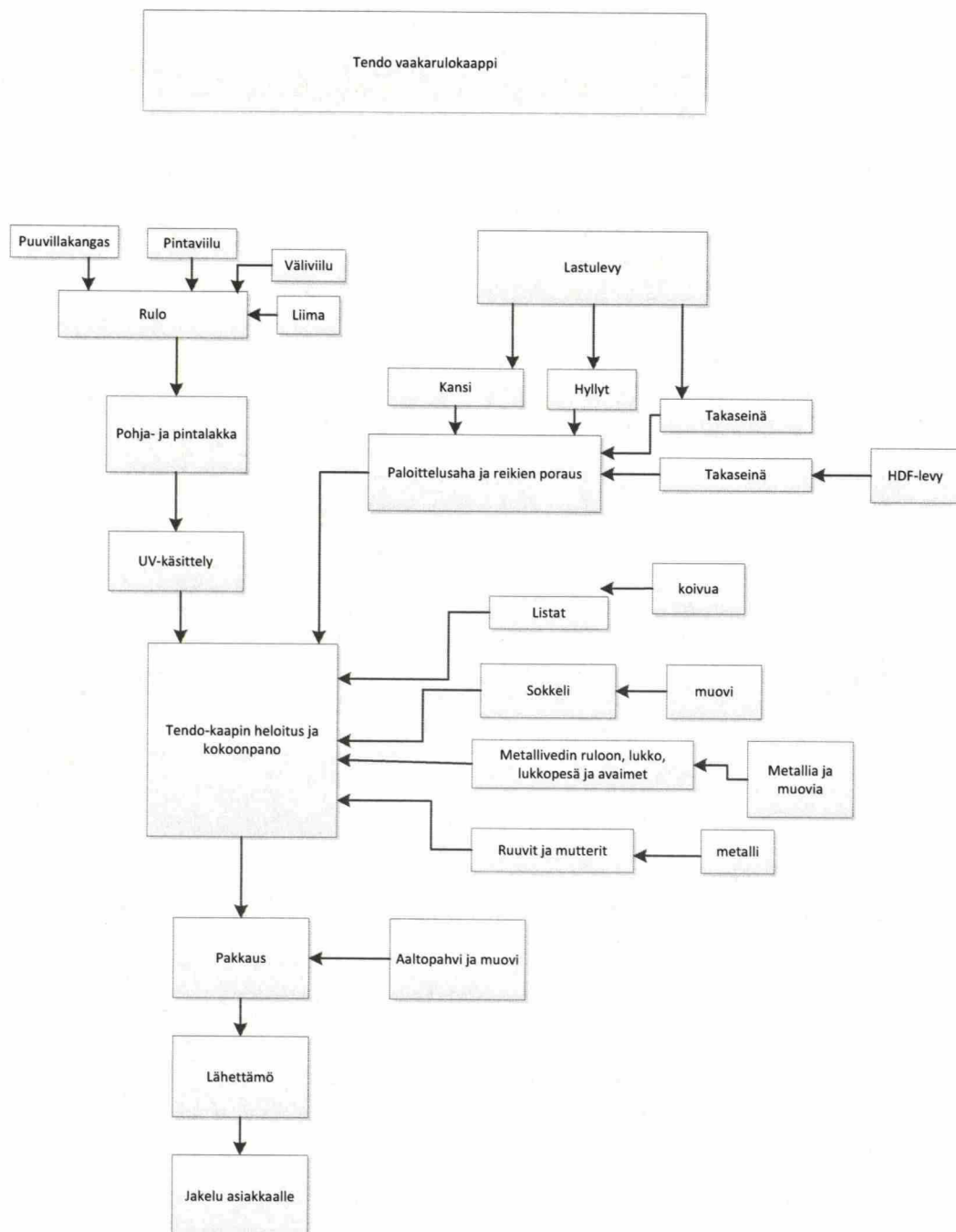
Matrix-pöytä		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus (%)
Pinnoitettu lastulevy	25,099	36,36
Moottorin metalliosat (sis. muovipinnoite)	2,4	3,48
Kemikaalit	0,322	0,47
Metalliset osat	41,2	59,69
Yht.	69,02	100,00



Kuva 16. Step-työtuolin valmistuskaavio.

Taulukko 8. Step- työtuolin osien osuus painosta.

Step 23B-toimistotyötuoli		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus (%)
Puuperäiset levymateriaalit	7,37	29,3566306
Kemikaalit	0,22	0,876036809
Muoviosat	2,91	11,59371006
Metalliosat	14,25	56,72338341
Kangas	0,36	1,450239118
Yht.	25,11	100



Kuva 17. Tendo-vaakarulokaapin valmistuskaavio.

Taulukko 9. Tendo-vaakarulokaapin osien osuus painosta.

Tendo-vaakarulokaappi		
Materiaali	Paino (kg)	Prosentuaalinen osuus (%)
Puuperäiset levymateriaalit	38,09	89,6
Kemikaalit	0,26	0,61
Muoviosat	2,34	5,51
Metalliosat	1,82	4,29
Yht.	42,51	100

5.4 Tiedonkeräys ja käytetyt tietokannat

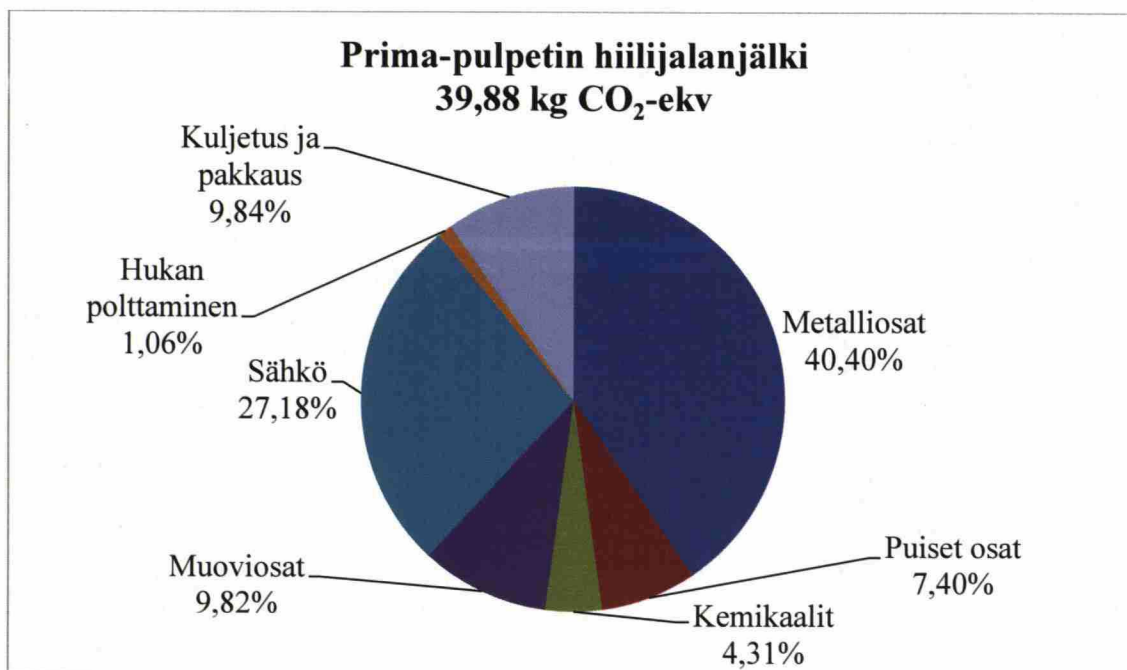
Tiedonkeräys suoritettiin Iskun tehtailla Lahdessa. Kalusteiden osat punnittiin ja tarvittavien levymäisten osien mitat mitattiin. Liima- maali ja lakkamäärät selvitettiin Iskun tietokannasta. Nämä tiedot ja käytetyt tietokannat ovat tarkemmin esiteltyinä liitteissä.

Sähkönkulutukseksi ilmoitettiin 23 kWh valmistettua kalustetta kohden. Luku on arvioitu vuoden 2012 sähkönkulutuksesta, mistä on vähennetty ei-tuotantoon käytettyjen tilojen kuluttama sähkö. Energian kulutukseen ei sisälly metallimaalaamossa käytettävä maakaasu.

6 TULOSTEN ANALYSOINTI

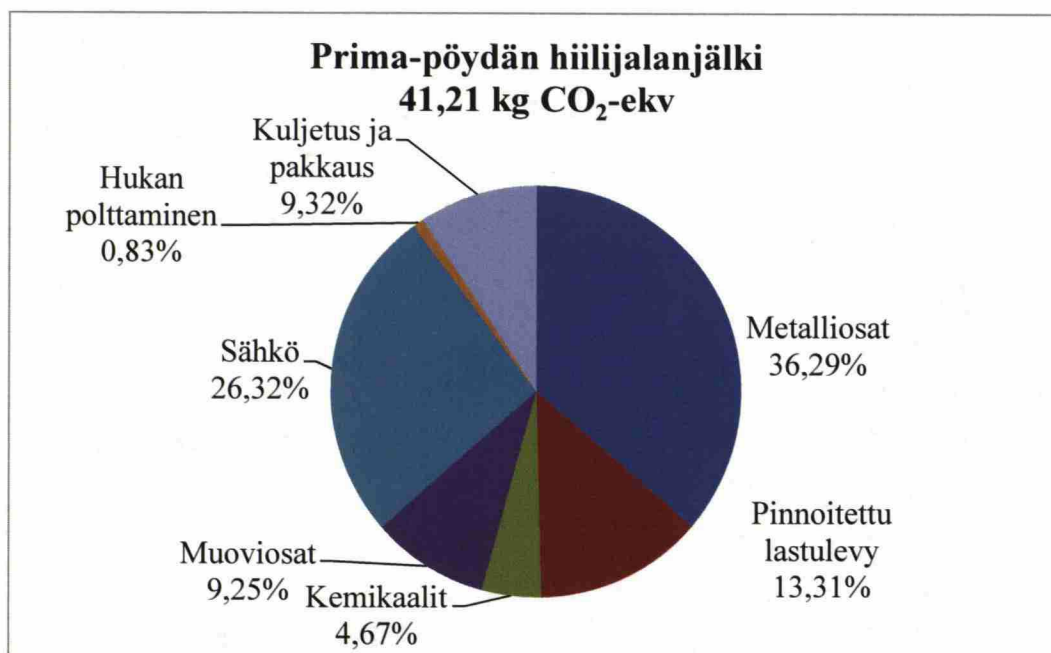
6.1 Oppilastyöpisteen hiilijalanjälki

Oppilastyöpisteen hiilijalanjälki on laskettu jokaiselle kalusteelle erikseen. Pulpettimallisen oppilastyöpöydän ilmastonlämpenemispotentiaali on 39,88 kg CO₂-ekvivalenttia. Kuvaajassa 1 on esitelty Prima-pulpetin komponenttien osuudet hiilijalanjäljen synnyssä.

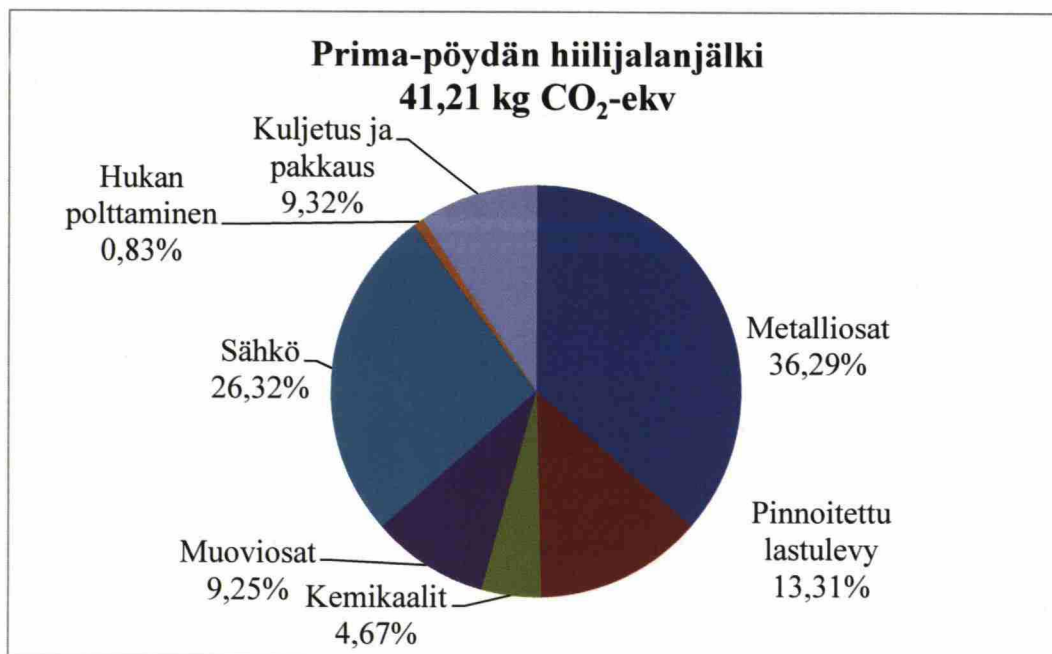


Kuvaaja 1. Prima-pulpetin hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välillä.

Prima-pöydän ilmastonlämpenemispotentiaali on 41,68 kg CO₂-ekvivalenttia. Sen osuuksien jakautuminen on esitetty kuvaajassa 2.

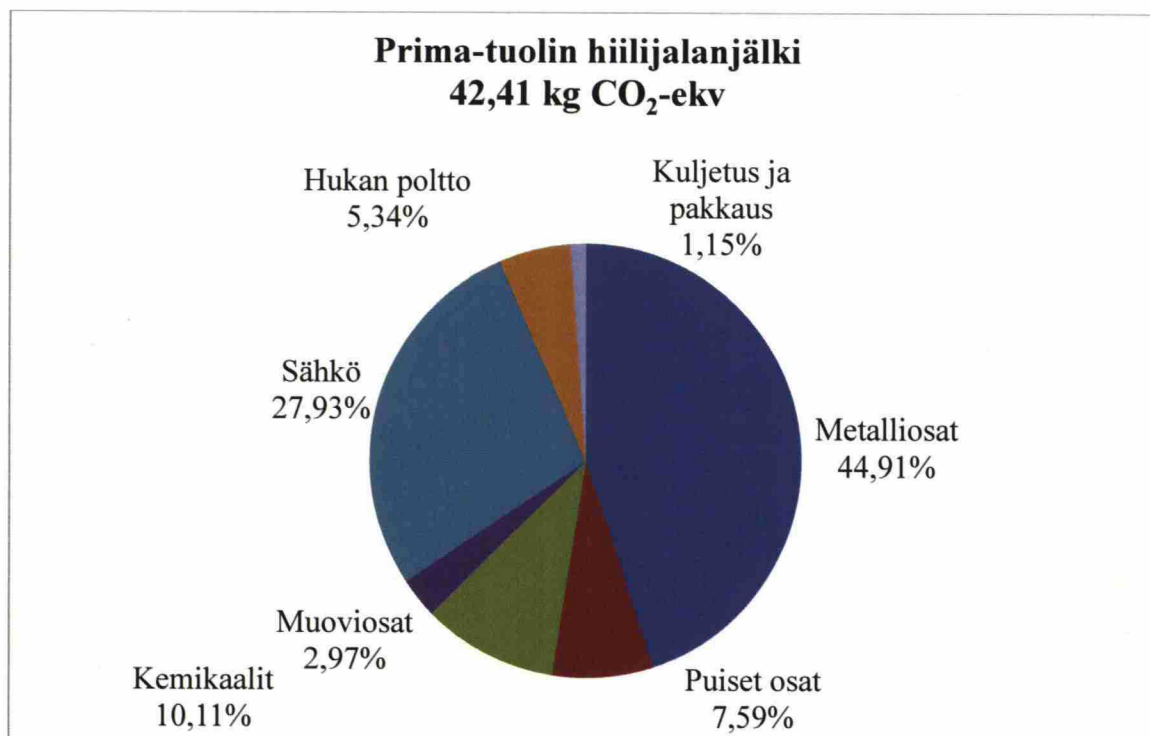


Kuvaaja 2. Prima-pöydän hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välille.



Kuvaaja 2. Prima-pöydän hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välille.

Prima-tuolin ilmastolämpenemispotentiaali on 42,41 CO₂-ekvivalenttia. Eri osuuksien jakautuminen on esitelty kuvaajassa 3.

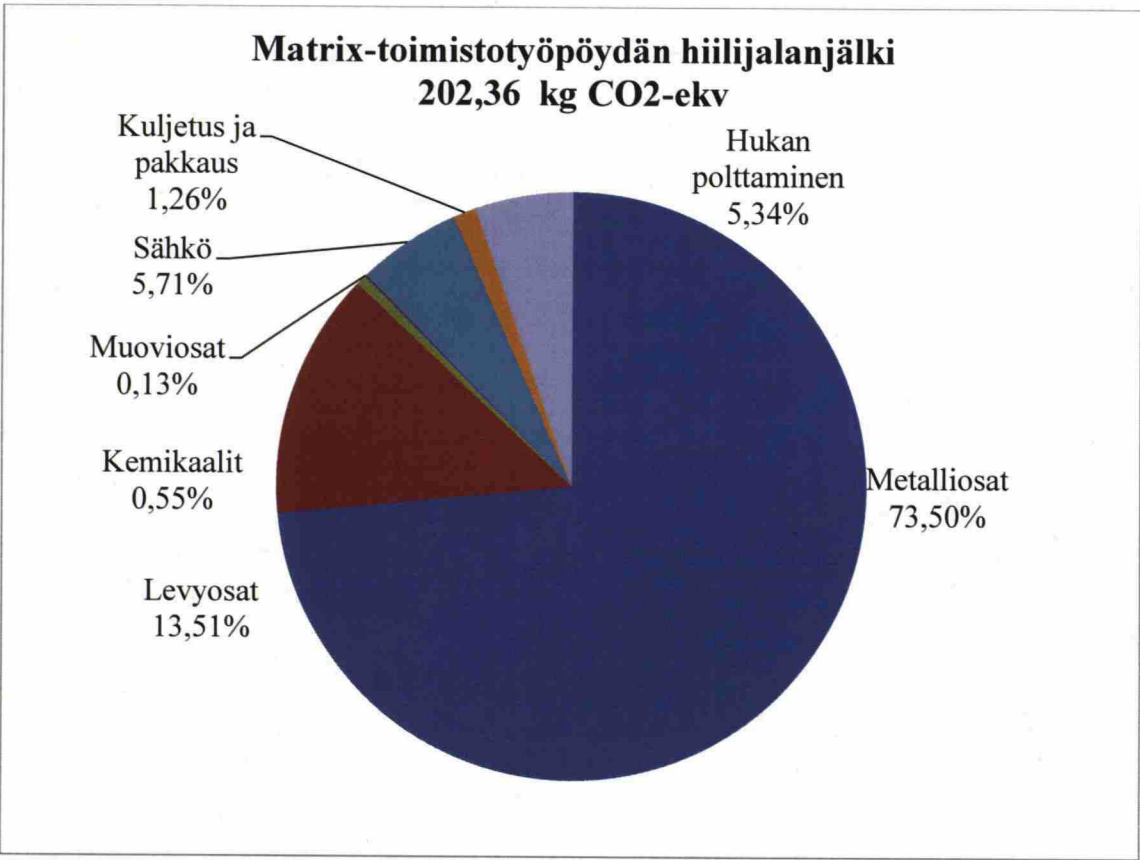


Kuvaaja 3. Prima-tuolin hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välille.

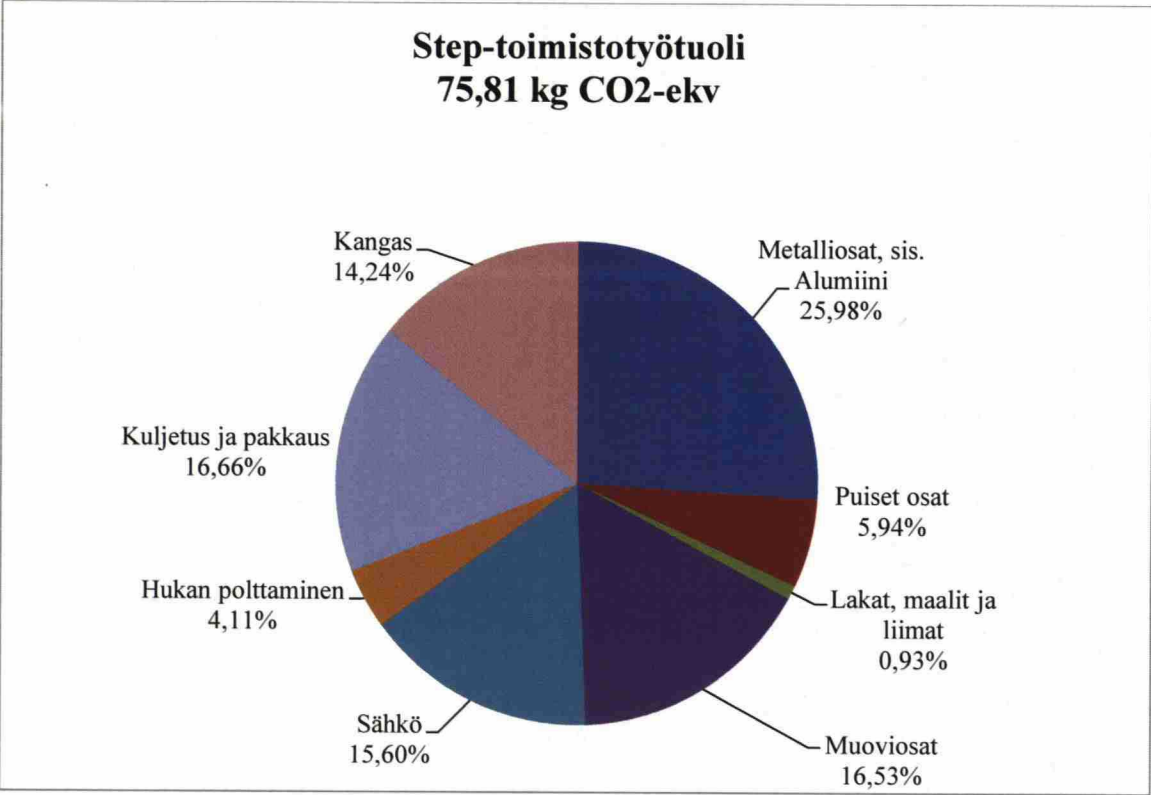
6.2 Toimistotyöpisteen hiilijalanjälki

Matrix-toimistotyöpöydän ilmastonlämpenemispotentiaali on 202,36 kg CO2-ekv, Step-toimistotyötuolin 75,81 kg CO2-ekv ja Tendo-vaakarulokaapin 74,62 kg CO2-ekv.

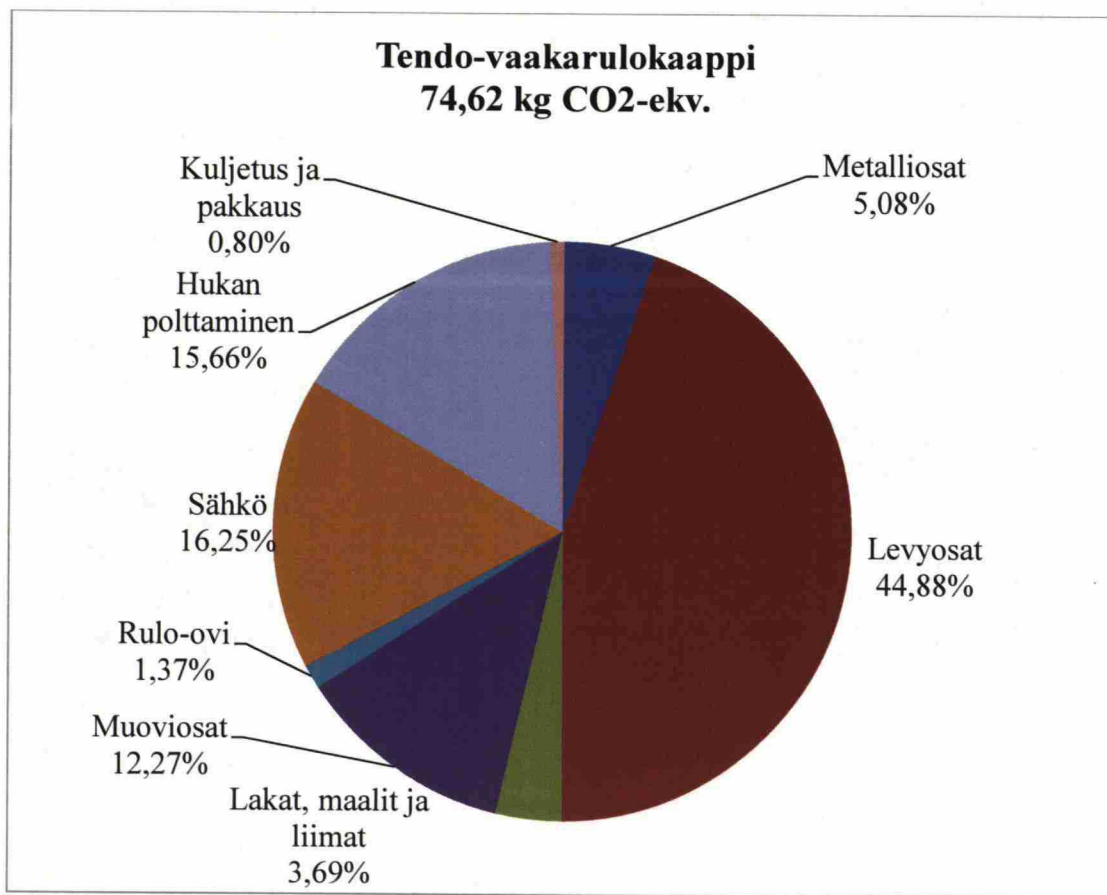
Toimistotyöpisteen kalusteiden hiilijalanjäljet ovat esitelty kuvaajissa



Kuvaaja 4. Matrix-toimistotyöpöydän hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välillä.



Kuvaaja 5. Step-työtuolin hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välille.



Kuvaaja 6. Tendo-vaakarulokaapin hiilijalanjäljen jakautuminen eri komponenttien välille.

Taulukossa 10 on esitelty eri raaka-aineiden osuutta ilmastonlämpenemispotentiaaliin.

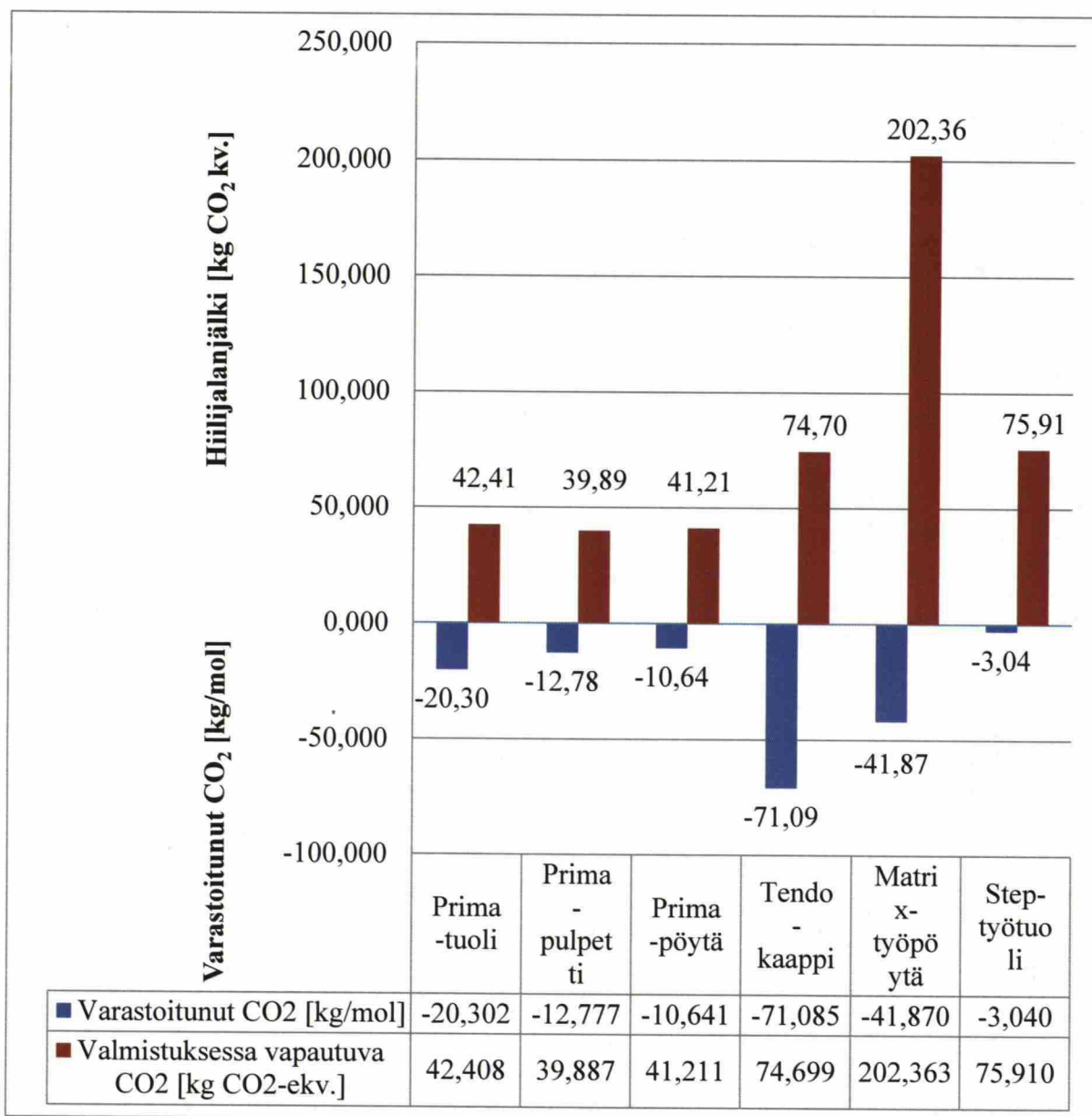
Taulukko 10. Kalusteiden materiaalien osuudet suhteessa hiilijalanjälkeen.

	Prima- pöytä	Prima- pulpetti	Prima- tuoli	Matrix- pöytä	Step- työtuoli	Tendo- kaappi
GWP₁₀₀ [kg CO₂-ekv.]	41,67	39,87	42,4	202,36	75,82	74,62
Metalliosat	39,28 %	44,14 %	46,01 %	73,46 %	25,95 %	5,05 %
Puiset osat	14,40 %	8,09 %	7,77 %	13,51 %	5,94 %	44,63 %
Kemikaalit	5,06 %	4,71 %	10,35 %	0,55 %	0,93 %	3,67 %
Muoviosat	10,02 %	10,73 %	3,04 %	0,13 %	16,51 %	13,28 %
Kangas	-	-	-	-	14,23 %	-
Rulo-ovi	-	-	-	-	-	1,37 %
Muut	31,24 %	32,33 %	32,82 %	12,36 %	36,44 %	31,99 %
Kok.-%	100,00%	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

6.3 Kalusteisiin varastoitunut hiili

Kuvaajassa 7 on esitelty varastoituneen hiilidioksidin (CO₂) määrä ja hiilijalanjälki.

Varastoitunut hiili on laskettu kaavassa 2 esitetyllä tavalla. Kaikkien puuosien kosteusprosentiksi on arvioitu 10 %, sillä tämän tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista mitata kosteuksia.



Kuvaaja 7. Varastoituneen ja valmistuksessa vapautuneen hiilidioksidin.

6.4 Vertailevien vaihtoehtojen vaikutus hiilijalanjälkeen

Matrix-pöydän metallisten jalkojen korvaaminen puisilla jaloilla pienentää hiilijalanjälkeä arvoon 53,76 kg CO₂-ekvivalenttiä, jos oletetaan, että raaka-aine tulee Suomesta ja hukkaa ei huomioida. Laskelmassa ei ole huomioitu hukkaa eikä työhön kuluvaa energiaa.

Step-työtuolin vertailulaskelmassa muutettiin metallisten osien ja muovisten käsinojen kohdemaaksi Saksa. Tällöin hiilijalanjälki olisi 75,5 g CO₂-ekvivalenttia. Tulos ei muuttunut merkittävästi.

Prima-pöydälle laskettiin kahdella eri puuaineksella vertaileva laskelma. Raaka-aineen alkuperämaaksi oletettiin Suomi. LVL-tyyppisellä kannella, mikä olisi kestävyyspuolesta vaihtoehto lastulevyn vaihtamiselle, laskelman arvo olisi noin 20 % suurempi. Kovapuisesta puulevystä vertailulaskelmalla ilmastolämpenemispotentiaali pienenee noin 10 %. Laskelmissa hukka on huomioitu samassa suhteessa kuin lastulevyn käytössä ja muut parametrit on pidetty samana.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tässä kappaleessa esitellään diplomityössä saadut tulokset ja johtopäätökset. Elinkaariarvioinnin vaikutusluokkana käytetään ilmastonlämpenemispotentiaalia, eli hiilijalanjälkeä. Vertailulaskelmien pohjalta käydään läpi myös mielenkiintoiset näkökohdat jatkotutkimussuosituksien kannalta.

7.1 Johtopäätökset

Tutkittavien oppilastyöpisteen kalusteiden hiilijalanjäljet ovat Prima-pöydälle 41,21 kg CO₂-ekvivalenttia, Prima-pulpetille 39,88 kg CO₂-ekvivalenttia ja Prima-tuolille 42,41 kg CO₂-ekvivalenttia. Hiilijalanjälki koostuu oppilastyöpisteen kalusteissa lähinnä metalliosista, sähköstä ja puuosista. Oppilastyöpisteen alhaisin hiilijalanjälki on pulpetilla, sillä siinä on eniten puuosia.

Toimistotyöpisteen kalusteiden hiilijalanjäljet ovat Matrix-työpöydälle 202,36 kg CO₂-ekvivalenttia, Step-työtuolille 75,81 kg CO₂-ekvivalenttia ja Tendo-kaapille 74,62 kg CO₂-ekvivalenttia. Step-työtuolin hiilijalanjäljen syntyminen jakaantuu metalliin, muoviosiin, kankaaseen ja sähköön. Tendo-kaapin kohdalla huomataan, että levymäiset ja muoviset osat suurimpia tekijöitä. Toimistotyöpisteen alhaisin hiilijalanjälki on Tendo-kaapilla, sillä se koostuu lähinnä levymäisistä osista. Matrix-työpöydän suuri hiilijalanjälki selittyy painavilla metallijaloilla.

Tulokset yhtenevät Junnikkalan (2010) työn tulosten kanssa siinä mielessä, että siinä todetaan myös logistiikalla olevan pieni merkitys hiilijalanjälkeen. Samassa työssä arvioitiin sähkönkulutus pienemmäksi tutkittavaa kalustetta kohden, sillä laskelmat tehtiin konekohtaisella energiankulutustarkastelulla. Step-työtuolin logistinen osuus on muita isompi, sillä sen osia tulee Euroopan ulkopuolelta. Tulevaisuudessa villan hiilijalanjäljen painotus voi muuttua, jos lampaanlihaa painotetaan eri tavalla kuin nyt. Silloin villakankaan aiheuttama hiilijalanjälki voi olla pienempi.

Tehty tutkimus on pohjana tutkimuksen toimeksiantajalle Iskulle. Sen avulla voidaan jatkossa miettiä eri raaka-aineiden vaikuttavuutta hiilijalanjälkeen. Yleisenä suuntana kaikista kalusteista voidaan todeta, että metallimäärän pienentäminen ja puisten osien lisääminen ovat suurimmat tekijät ilmastonlämpenemispotentiaalin pienentämiseksi.

Kemikaalien, kuten lakkojen ja liimojen massa on kokonaisuuteen nähden pieni, jolloin kemikaalien osuus hiilijalanjälkeenkin on pieni. Step-työtuolin villa-polyamidikangas on yksi suuri tekijä kyseisen kalusteen tuloksessa, vaikka se massamääräisesti ei ole kovin suuri.

Suunta-antava laskelma varastoituneesta hiilestä osoittaa, että puu- ja puulevypohjaisten tuotteiden kohdalla varastoituneet CO₂-määrät ovat suuria. Matrix-pöydän hiilijalanjälki on suuri, mutta pöytälevyyn varastoitunut hiilidioksidi kompensoi hiilidioksidipäästöjä.

Tutkimuksessa saadut tulokset pätevät valituilla rajauksilla. Tulee muistaa, että tutkimuksessa on käytetty tiettyjä tietokantoja, joten tutkimusta toistamalla ja toisia tietokantoja tai uudempia tietokantoja käyttäen tulokset muuttuvat. Hiilijalanjäljen avulla ei voi selvittää kaikkia ympäristövaikutuksia, sillä se on vain yksi mittari monien muiden keinojen joukossa selvittämään ympäristöön liittyviä kuormitustekijöitä.

Elinkaariarvioinnin metodologian pääpiirteisiin kuuluu huomauttaa, että tuloksen muuntaminen yleiseksi numeroksi ei ole suotavaa, sillä tuloksen tai numeron yhteydessä tulisi aina ilmoittaa laskentamenetelmä. Tämä täytyy erityisesti huomioida markkinoinnissa käytettävissä sanamuodoissa.

Työssä käytetty energian kulutuksen määrä ei ole jokaiselle kalusteelle todenmukainen. Oppilastyöpisteen jalkojen hitsaaminen ja maalaaminen kuluttavat todennäköisesti enemmän energiaa, mitä laskelmissa oletetaan. Step-työtuolin energiaa kuluttavimmat vaiheet voidaan arvioida olevan viilujen

muotoon puristaminen ja alihankkijalla tapahtuva polyuretaanin valaminen. Muuten kokoonpanossa energiaa kuluu osien yhteenliittämiseen ja tuolin kuljettamiseen linjastolla. Matrix-työpöydän sähköä kuluttavimmat vaiheet Iskun tehtaalla ovat levyn sahaaminen ja ABS-reunanauhan laittaminen.

Kuljetuksen ja pakkausmateriaalien osuus laskelmissa on hyvin pieni. Kuljetus on laskettu vain yhdensuuntaisena ja aina samalla 85 %:n täyttöasteella. Yleensä ottaen jokainen tuote pakataan suhteellisen kevyesti.

7.2 Näkökohtia jatkotoimenpiteiksi

Matrix-pöydälle tehty vertaileva laskelma puisilla jaloilla osoittaa, että jonkin toisen materiaalin kuin metallin käyttö alentaa hiilijalanjälkeä.

Kalusteiden suunnittelussa tulee huomioida, että hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää puisten osien lisäämisellä. Energian kulutuksen seuranta, etenkin oppilastyöpisteen metalliosien kannalta soveltuisi yhdeksi jatkotoimenpiteeksi. Silloin voitaisiin arvioida tarkemmin valmistuksessa käytettävän maakaasun vaikutus hiilijalanjälkeen.

Energian tarpeen vähentymisellä olisi hiilijalanjälkeä pienentävä vaikutus. Step-työtuolille tehdyn vertailevan laskelman mukaan hiilijalanjälki ei merkittävästi muutu, jos metalliosien lähtömaaksi vaihdettaisiin Saksa. Tuotteiden koko elinkaarta ajatellen tulisi huomioida käyttöiän pidentäminen. Tämä vaatisi kuitenkin palveluiden esimerkiksi huollon tuottamista ja kuluttajien valistamista kalusteiden käytöstä.

Suunnitteluvaiheessa voitaisiin miettiä, mitä puuosia voitaisiin käyttää toimistotyötuolissa. Esimerkiksi selkäosaan ei ole välttämätöntä käyttää kangasverhoilua. Tähän sopisi myös muotoiltava vaneri tai viilu. Täten voitaisiin luoda jopa aivan uudenlainen trendi toimistokalusteisiin.

8 YHTEENVETO

Isku Oy halusi selvittää oppilas- ja toimistotyöpisteen kalusteiden hiilijalanjäljen. Kalusteiksi valittiin suositut 1130 Prima-pöytä ja 1128 Prima-pulpetti. Tuoli on saman sarjan puukomposiittituoli. Toimistokalusteista valittiin moottoroitu Matrix T EL-työpöytä, Step 23B-työtuoli sekä Tendo-vaakarulokaappi muovisokkelilla.

Tutkimuksen kirjallisessa osassa syvennyttiin aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, jota huonekaluteollisuudesta on suhteellisen vähän.

Ilmastonlämpenemispotentiaali on yksi elinkaariarvioinnin vaikutusluokka ja tulee muistaa, että se ei mittaa kaikkia ympäristövaikutuksia.

Ilmastonlämpenemispotentiaalista voidaan puhua myös hiilijalanjälkenä.

Tutkimuksessa käytettiin elinkaariarviointiin laadittua standardia ISO 14044.

Tutkimuksen tavoitteet saavutettiin mallintamalla tuotteiden valmistus GaBi 4-ohjelmalla ja ilmoittamalla ilmastonlämpenemispotentiaali, mikä oli valittu vaikutusluokka. Työssä vaaditut komponenttien massat punnittiin Iskun tehtailla. Maali- ja lakkamäärät saatiin Iskun omasta tietokannasta.

Laskelmien perusteella kalusteiden hiilijalanjäljeksi saatiin oppilastyöpisteen Prima-pöydälle 41,21 kg CO₂-ekvivalenttia, Prima-pulpetille 39,88 kg CO₂-ekvivalenttia ja Prima-tuolille 42,41 kg CO₂-ekvivalenttia. Toimistotyöpisteen Matrix-työpöydälle 202,36 kg CO₂-ekvivalenttia, Step-työtuolille 75,81 kg CO₂-ekvivalenttia ja Tendo-kaapille 74,62 kg CO₂-ekvivalenttia.

Energiankulutuksen osalta jokaiselle kalusteelle huomioitiin sama sähkömäärä, 23 kWh. Tämä ei anna oppilastyöpisteisiin kuluvaista energiamäärästä todellista kuvaa, sillä laskelmissa ei ole huomioitu metallimaalaamossa käytetty maakaasua.

Tulosten perusteella oppilastyöpisteen hiilijalanjälki koostuu valmistukseen käytetystä sähköstä, metallista ja puuosista. Toimistokalusteissa käytetyt materiaalit vaihtelevat enemmän. Step-työtuolin kangas, metalli, muovi ja sähkö ovat suurimmat hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät.

Johtopäätökset niin oppilas- kuin toimistotyöpisteen kalusteille ovat, että materiaalivalinnat ja valmistuksessa käytettävä energia ovat suurimmat ja merkittävimmät osatekijät kalusteiden hiilijalanjäljessä. Logistiikan osuus on suhteellisen pieni, paitsi Step-työtuolilla, minkä osia tulee Euroopan ulkopuolelta. Tulosten pohjalta ei voida antaa suosituksia toimistotyöpisteen valmistuksen parantamiseen. Sen sijaan oppilastyöpisteen metalliosien työstämiseen kuluva energia voisi olla seuraavan tutkinnan kohde energian kulutuksen selvittämiseksi.

LÄHDELUETTELO

Antikainen, R. (toim.) 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen Ympäristökeskus. s 86. ISBN 978-952-11-3734-1 (vain verkkojulkaisuna)

Antikainen, R. ja Seppälä, J. (toim.) 2010. Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksenteon tukena. Helsinki. Suomen Ympäristökeskus. s 93. ISBN 1796-1637 (verkkoj.). ISSN 1238-7312 (pain.)

Auvinen, S., Isomäki, O., Koponen, H. Saimovaara, J., Tiainen, Tiainen, J., Tolvanen, P. 2002. Puutuoteteollisuus 3: Puusepänteollisuus. Opetushallitus. Helsinki. s. 266 ISBN: 952-13-1449-2.

Bala, A., Raugei, M., Benveniste, G. Gazulla, C. & Fullana-i-Mer, P. Simplified tools for global warming potential evaluation: when 'good enough' is best. 2010. International Journal of Life Cycle Assessment. [Verkkojulkaisu] Vol. 15:489–498. [Viitattu 11.5.2013] Saatavilla: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-010-0153-x>

Brady, J. Ebbage, A. & Lunn, R. 2011. Environmental Management in Organizations. The IEMA Handbook. 2nd ed. Lontoo. Earthscan Ltd. s 572. ISBN :978-1-84971-062-6.

BSI (2011a) PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution. Lontoo. s 38. ISBN 978 0 580 71382 8. [Viitattu 4.3.2013.] Saatavissa: <http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/>

BSI (2011b) The Guide to PAS 2050:2011. How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in you supply chain. British Standards Institution. Lontoo. ISBN 978-0-580-77432-4

De Saxce, M. Pesnel, S. Perwuelz. A. LCA of bed sheets- some relevant parameters for lifetime assessment. 2012. Journal of Cleaner production. [Verkkojulkaisu] Vol.37, s.221-228. [Viitattu: 8.5.2013] Saatavilla: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612003502>

EPECC Oy:n Ecocity Evaluator-ohjelma. [Viitattu 12.05.2013] Saatavilla: <http://www.ecocity.fi/evaluator/>

Ekman, P. 2013. Maahantuojaan edustaja. Oy Lateco-Botim Ab. Uudenkaupungintie 7A, 00350 Helsinki. Puhelinhaastattelu. 20.3.2013.

Ekvall, T., Tillman, A.-M., & Molander, S. Normative Ethics and methodology for life cycle assesment. 2005. Journal of Cleaner Production. [Verkkojulkaisu] Vol. 13. s. 1225-1234. [Viitattu 8.5.2013] Saatavilla:

http://ac.els-cdn.com/S0959652605001149/1-s2.0-S0959652605001149-main.pdf?_tid=57b55a86-9a16-11e2-9731-00000aab0f6b&acdnat=1364743332_a96ba91fc8b9d8e58847e7717379e46d

EU-direktiivi 2009/125/EY, annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti) [viitattu 14.11.2012] Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0125:FI:NOT>

Finnveden, G. Hauschild, M.Z. Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S. Koehler, A., Pennington, D. & Suh, S. 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*. [Verkkojulkaisu] Vol 91. s. 1-21. [Viitattu 8.5.2013] Saatavilla: http://ac.els-cdn.com/S0301479709002345/1-s2.0-S0301479709002345-main.pdf?_tid=f79fcb6c-9a16-11e2-b40b-00000aab0f02&acdnat=1364743600_b7e6adf408b12948d8cacec99ed85fdc

Fomkin, A. 2010. Erään keittiön puuosien ympäristövaikutukset. Aalto-yliopisto, Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. s.77. Espoo.

Gamage, G.B, Boyle, S. McLaren, S.J., McLaren, J. Life cycle assessment of commercial furniture: a case study of Formway LIFE chair. 2008. *International Journal of Life Cycle Assessment*. [Verkkojulkaisu] Vol. 13. s. 401-411. [Viitattu 8.5.2013] Saatavilla: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11367-008-0002-3>

Gonzales-Garcia, S., Gasol, C. M., Lozano, R. G., Moreira, M.T., Gabarrell X., Rieradevall I Pons, J., Feijoo, G. 2011. Assessing the global warming potential of wooden products from the furniture sector to improve their ecodesign. *Science of Total Environment*. [Verkkojulkaisu] Vol. 410-411. s 16-25. [Viitattu 1.3.2013] Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971101093X>

Gonzales-Garcia, S., Gasol, C. M., Lozano, R. G., Moreira, M.T., Gabarrell X., Rieradevall I Pons, J., Feijoo, G. Murphy R.J. 2012. Eco-innovation of a wooden childhood furniture set: An example of environmental solutions in the wood sector. *Science of Total Environment*. [Verkkojulkaisu] Vol 426. s 318-326. [Viitattu 1.3.2013] Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712004810>

Guinée, J.G, Gorée, M., Heijungs, R., Huppes G., Kleijn, R., Konig de, A., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A. Suh, S. Udo de Haes, H. A. 2010 *Handbook on life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publishers. United Kingdom. s 692 .ISBN 1-4020-0228-9. [viitattu 23.01.2013] Saatavilla http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/ws27e.pdf

Heijungs,R., Huppel, G., Guineé,J.B. 2010. Life cycle assessment and sustainability analysis of products, materials and technologies. Toward a scientific framework for sustainability life cycle analysis. Polymer Degradation and Stability. [Verkkojulkaisu] Vol 95. S.422-428. [Viitattu 8.5.2013]

Saatavilla: http://ac.els-cdn.com/S0141391009003607/1-s2.0-S0141391009003607-main.pdf?_tid=8c3939d2-9a19-11e2-9256-00000aacb362&acdnat=1364744709_d4a65b75b0e46c310a139af4200dbf0d

Honkasalo, A. 2001. Ekotehokkuus, tuotepolitiikka ja ympäristöpolitiikan ohjauskeinot. Helsingin kauppakorkeakoulun julkaisuja.HeSe print. s. 66. ISBN 951-791-653-1.

Ilmatieteen laitos. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. [Viitattu 12.3.201]. Saatavissa: <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>

Isku Interior Oy. Hansel-sopimustoimittajan ympäristövastuu. 2009. [Viitattu 31.1.2013] Saatavilla: http://www.iskuinterior.fi/documents/Hansel_sopimustoimittaja_ymparistovastuu.pdf

Isomäki, Koponen, Nummela ja Suomi-Lindberg. 2002 Puutuoteteollisuus 2: Raaka-aineet ja aihiot. Opetushallitus. Helsinki. s. 154. ISBN 952-13-1448-6.

Junnikkala, H. 2011. Julkisten tilojen kalusteiden hiilijalanjäljen laskenta – case Picco/kari. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Kemiantekniikan korkeakoulu. Espoo. s. 93.

Kivi, O., Soljamo, K., Haapio, A. & Paajanen, T. Huonekalun ympäristöseloste. 2004. Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto, Puutekniikan laboratorio. Tiedoksianto 91. Espoo. s. 67. ISBN 951-22-7471-X.

Kortelainen, K. 2010. Elinkaarimetodit työkalupakkiin. Tekniikka ja talous. [Verkkolehti] 19.4.2010 [Viitattu 2.4.2013] Saatavilla: <http://www.tekniikkatalous.fi/metalli/metallitekniikka/elinkaarimetodit+tyokalupakkiin/a389841>

Lind, R. 2011. Ekologinen kestävyys Suomen innovaatiojärjestelmässä. [Verkkodokumentti] Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta. [Viitattu 31.3.2013] Saatavissa: <http://www.doria.fi/xmlui/bitstream/handle/10024/72142/nbnfi-fe201110205729.pdf?sequence=3>

Lindman, M. 2011. Huonekalualan konseptitutkimus 2003-2011, Kodin huonekalut liiketaloudellisen tutkimustoiminnan kohteena. Vaasan yliopisto/Epanet.

Magerholm Fet. A., Skaar, C., Michelsen, O. Product category rules and environmental product declarations as tools to promote sustainable products: experiences from case study of furniture production. 2009. Clean Technologies and Environmental Policy. [Verkkojulkaisu] Vol. 11: 201-207. [Viitattu 12.5.2013] Saatavilla: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-008-0163-6>

Mikola, T. 2010. Ympäristönäkökohdat julkisessa kilpailutuksessa, case: Hansel Oy:n toimistokalustekilpailutus. [Verkkodokumentti] Maisterin tutkinnon tutkielma. Aalto-yliopisto, Kauppakorkeakoulu. [Viitattu 31.3.2013] Saatavilla: http://epub.lib.aalto.fi/fi/ethesis/pdf/12445/hse_ethesis_12445.pdf

Moring, H. 2013. DI, ympäristöinsinööri. CRnet Oy. Punavuorenkatu 2 Aa 37 00120 Helsinki. Puhelinhaastattelu 19.4.2013.

Nevalainen, O. 2009. Hiilijalanjälki ekotehokkuuden mittarina. [Verkkodokumentti] Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta. [Viitattu 21.3.2013] Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/46496/nbnfi-fe200906241646.pdf?sequence=3>

Popoff, F. ed. Eco-efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance. 1995. World Council for Sustainable Development. Kongressijulkaisu. s. 16

Rice, G. Clift. R., Burns, R. Comparison of currently available European LCA Software. 1997. International Journal of LCA. [Verkkojulkaisu] Vol.2.s. 53–95 [Viitattu 11.5.2011] Saatavilla: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F02978725.pdf>

Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. 2002. Calculating MIPS Resource productivity of products and services. Wuppertal Institut for Climate, Environment and Energy at the Science Centre North-Rhine Westphalia. s 52. ISBN 3-929944-56-1e.

SFS-EN ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta, elinkaariarviointi: periaatteet ja pääpiirteet=Environmental management, life cycle assessment: principles and framework. 2.painos. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. s 48.

SFS-EN ISO 14044. 2006. Ympäristöasioiden hallinta, elinkaariarviointi: vaatimukset ja suuntaviivoja=Environmental management, life cycle assessment: requirements and guidelines. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. s 96.

SFS-EN ISO 14025. 2010. Ympäristömerkit ja –selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. s. 56

SFS EN 15804. 2012. Sustainability of constructions works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. s 49.

Suomen Ympäristökeskus. EMAS-järjestelmä. [Viitattu 29.01.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=1502>

Unger, N., Beigl, P. & Wassermann, G. General requirements for LCA software tools. 2004. Institute of Waste Management, BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Wien.

Zamagnini, A., Guinée, J., Heijungs, R., Masoni, P., Raggi, A. 2012. Lights and shadows in consequential LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment. May 2012, Volume 17, 2012, Vol. 17, s.904-918. Saatavilla: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11367-012-0389-8>

Vuorio, J. 2013. Toimitusjohtaja. Nikari Oy. Peltorivi 13
10470 Fiskars. Sähköpostikeskustelu 2.5.2013.

Wiedmann, T. & Minx, J. 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends. s. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. [Viitattu 23.01.2013]
Saatavilla:
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999.

Wood and wood-based products – Calculation of atmospheric carbon dioxide uptake relative to the carbon content of wood. 2013. TC175 WI-Standardiluonnos, versio 2013/04.

LIITELUETTELO

- Liite 1. Prima-pulpetin energia- ja materiaalisyötökset
- Liite 2. Prima-pöydän energia- ja materiaalisyötökset
- Liite 3. Prima-tuolin energia- ja materiaalisyötökset
- Liite 4. Matrix-työpöydän energia- ja materiaalisyötöet
- Liite 5. Step-työtuolin energia- ja materiaalisyötöet
- Liite 6. Tendo-vaakarulokaapin energia- ja materiaalisyötöet
- Liite 7. Vertailevien laskelmien tiedot
- Liite 8. Hiilivaraston laskemiseen käytetyt tiedot
- Liite 9. Kalusteiden inventaariotiedot ja käytetyt tietokannat

Liite 1. Prima-pulpetin energia- ja materiaalisyötökset ja tuotokset.

Prima-pulpetti		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	7,920213194	7,920213194
DE: Diesel PE	1,55E-07	1,55E-07
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	0,000242371	0,000242371
DE: Emulsion paint (scouring proof) PE	0,003293672	0,003293672
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,073019762	0,073019762
DE: Medium density wood fibreboard (MDF) - Egger (Isku) PE	4,988709546	4,988709546
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	0,002288817	0,002288817
DE: Window varnish (primer wood, white) PE	0,002370471	0,002370471
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	5,61E-06	5,61E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,22E-07	1,22E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,13E-09	6,13E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	8,71E-07	8,71E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,41E-06	1,41E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,03E-06	1,03E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	4,26E-07	4,26E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	2,39E-06	2,39E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,27E-07	3,27E-07
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,641238317	0,641238317
EU-27: Waste incineration of wood products (OSB, particle board) ELCD/CEWEP	-0,04410637	- 0,044106375
FI: Finnish plywood <u-so>	0,007003706	0
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,048238335	0,048238335
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Natio: Prima laatikkomallisen pulpetin kokoonpano <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0

Prima-pulpetti		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	39,87799836	39,87799836
DE: Diesel PE	8,69E-05	8,69E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	3,7572469	3,7572469
DE: Emulsion paint (scouring proof) PE	0,890668196	0,890668196
DE: Fixing material screws galvanized PE	4,043276836	4,043276836
DE: Medium density wood fibreboard (MDF) - Egger (Isku) PE	3,222396928	3,222396928
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	1,189332478	1,189332478
DE: Window varnish (primer wood, white) PE	0,986594072	0,986594072
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,003439016	0,003439016
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,48E-05	7,48E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,76E-06	3,76E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000533896	0,000533896
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000866387	0,000866387
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000630313	0,000630313
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000261157	0,000261157
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,001466541	0,001466541
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000200293	0,000200293
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,460594953	0,460594953
EU-27: Waste incineration of wood products (OSB, particle board) ELCD/CEWEP	0,535411625	0,535411625
FI: Finnish plywood <u-so>	0,004354	0,004354
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
GLO: Steel welded pipe worldsteel	12,37043841	12,37043841
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,028196616	0,028196616
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000704716	0,000704716
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000613103	0,000613103
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	3,08E-05	3,08E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,004377433	0,004377433
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00710354	0,00710354
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,005167962	0,005167962
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,002141236	0,002141236
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,012024222	0,012024222
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,001642209	0,001642209
Natio: Prima-pulpetin kokoonpano <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,516199855	0,516199855

Liite 2. Prima-pöydän energia- ja materiaalisyötökset

Prima-pöytä		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	16,7781308	16,77813082
DE: Diesel PE	5,13E-08	5,13E-08
DE: Diesel PE	1,55E-07	1,55E-07
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	0,00025546	0,000255459
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,00389836	0,003898365
DE: Heavy fuel oil PE	1,03E-07	1,03E-07
DE: Melamine PE	0,00023435	0,000234348
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	0,00272191	0,002721908
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,67E-06	6,67E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,27E-07	1,27E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,33E-09	3,33E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,18E-06	6,18E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	9,23E-09	9,23E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,68E-06	1,68E-06
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,64123832	0,641238317
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	13,8661785	13,8661785
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,05736601	0,057366007
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0
Natio: Prima kannellisen pulpetin kokoonpano <u-so>	0	0
RER: acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant	0,00130993	0,00130993
RER: Particle board in municipal waste incinerator ELCD/PE-GaBi <p-agg>	7,08E-06	7,08E-06
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0
RER: Polyurethane rigid foam (PU) PlasticsEurope	0	0

Prima-pöytä		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	41,6870247	41,68702462
DE: Diesel PE	2,88E-05	2,88E-05
DE: Diesel PE	8,69E-05	8,69E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	3,96013823	3,960138233
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,21586166	0,21586166
DE: Heavy fuel oil PE	0,0002713	0,000271296
DE: Melamine PE	0,45266864	0,452668643
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	1,41437832	1,41437832
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00408975	0,004089748
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,79E-05	7,79E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	2,04E-06	2,04E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00379077	0,003790767
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	5,66E-06	5,66E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00102795	0,001027953
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,46059495	0,460594953
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	5,52712155	5,527121551
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,8432769	11,84327688
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00242576	0,002425758
GLO: Steel welded pipe worldsteel	14,7111764	14,71117641
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,03353199	0,033531988
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,0002337	0,000233702
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00063847	0,000638473
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00070472	0,000704716
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	1,67E-05	1,67E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,03108063	0,031080632
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	4,64E-05	4,64E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00842822	0,008428221
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0
Natio: Prima kannellisen pulpetin kokoonpano <u-so>	0	0
RER: acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant	0,49111826	0,491118221
RER: Particle board in municipal waste incinerator ELCD/PE-GaBi <p-agg>	0,37166472	0,371664719
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,53755985	0,53755985
RER: Polyurethane rigid foam (PU) PlasticsEurope	1,61497745	1,614977446

Liite 3. Prima-tuolin energia- ja materiaalisyytötteet

Prima-tuoli		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	4,80674349	4,806743488
DE: Diesel PE	7,74E-08	7,74E-08
DE: Diesel PE	4,20E-08	4,20E-08
DE: Diesel PE	2,03E-07	2,03E-07
DE: Diesel PE	1,40E-06	1,40E-06
DE: Diesel PE	2,79E-07	2,79E-07
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,00318864	0,003188636
DE: Parquet varnish (primer, H2O) PE	0,0274286	0,027428601
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	0,00260851	0,002608515
DE: Steel sheet PE	0,0769046	0,0769046
DE: Timber beech (12% moisture, 10,7% H2O) PE	2,11050049	2,110500494
DE: Urea formaldehyde resin in- situ foam PE	0,00555187	0,00555187
DE: Wood (natural) in municipal waste incinerator PE <p-agg>	1,42E-05	1,42E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,39E-06	6,39E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,41E-08	7,41E-08
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,64E-06	1,64E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,52E-06	1,52E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,31E-06	1,31E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,24E-05	3,24E-05
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,32061916	0,320619158
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
FI: Veneer	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,05497617	0,054976172
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Prima-oppilastyötuolin kokoonpano	0	0
RER: Polyethylene film (PE-LD) PlasticsEurope	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0

Prima-tuoli		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	42,4080959	42,40809593
DE: Diesel PE	4,35E-05	4,35E-05
DE: Diesel PE	2,36E-05	2,36E-05
DE: Diesel PE	0,00011409	0,000114086
DE: Diesel PE	0,00078882	0,000788823
DE: Diesel PE	0,00015646	0,000156461
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,17656231	0,176562307
DE: Parquet varnish (primer, H ₂ O) PE	0,38399154	0,383991544
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	1,35545611	1,355456108
DE: Steel sheet PE	3,41668211	3,416682109
DE: Timber beech (12% moisture, 10,7% H ₂ O) PE	0,54037163	0,54037163
DE: Urea formaldehyde resin in- situ foam PE	3,90281194	3,902811937
DE: Wood (natural) in municipal waste incinerator PE <p-agg>	2,2663834	2,266383398
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00391937	0,003919371
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	4,54E-05	4,54E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00100563	0,001005628
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,0009346	0,0009346
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00080118	0,000801181
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,01987056	0,019870559
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,23029748	0,230297477
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,8432769	11,84327688
FI: Veneer	2,67845201	2,678452009
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,0073743	0,007374303
GLO: Steel welded pipe worldsteel	14,098317	14,09831701
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,03213506	0,032135064
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00037244	0,000372443
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00035236	0,000352358
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00019115	0,000191154
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00824518	0,008245181
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00766282	0,007662821
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00092494	0,00092494
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,0063953	0,006395301
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00126849	0,001268489
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,16291942	0,162919419
Prima-oppilastyötuolin kokoonpano	0	0
RER: Polyethylene film (PE-LD) PlasticsEurope	0,72238902	0,722389022
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,53755985	0,53755985

Liite 4. Matrix-työpöydän energia- ja materiaalisyytötteet

Matrix-työpöytä		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	66,94085644	66,94085644
DE: Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate mix (ABS) PE	0,000946943	0,000946943
DE: Diesel PE	2,44E-07	2,44E-07
DE: Diesel PE	8,44E-06	8,44E-06
DE: Melamine PE	0,00106914	0,00106914
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	6,80E-05	6,80E-05
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,68E-09	7,68E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00025778	0,00025778
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,67E-06	1,67E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,42E-08	3,42E-08
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	4,93E-05	4,93E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,19E-07	3,19E-07
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	1,009950349	1,009950349
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	63,26003757	63,26003757
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,14440151	2,14440151
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,048493418	0,048493418
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,37064863	0,37064863
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Matrixin kokoonpano metallijaloilla <u-so>	0	0
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	0,102636596	0,102636596
RER: ethylene vinyl acetate copolymer, at plant	0,00074733	0,00074733
RER: Polyethylene linear low density granulate (PE-LLD) PE	0,001539144	0,001539144

Matrix-työpöytä		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO ₂ -Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	202,3621252	202,3621248
DE: Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate mix (ABS) PE	1,03776285	1,03776285
DE: Diesel PE	0,000136903	0,000136903
DE: Diesel PE	0,004742718	0,004742718
DE: Melamine PE	2,065156984	2,065156984
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	10,78389804	10,78389804
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	4,71E-06	4,71E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,158049791	0,158049791
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,001022187	0,001022187
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	2,10E-05	2,10E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,030229557	0,030229557
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,00019551	0,00019551
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,725437051	0,725437051
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	25,21573748	25,21573748
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,51828769	11,51828769
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,260474138	0,260474138
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,278241814	0,278241814
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,001799529	0,001799529
GLO: Steel welded pipe worldsteel	95,05066912	95,05066912
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	3,86E-05	3,86E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000171775	0,000171775
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	1,29585584	1,29585584
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,001109928	0,001109928
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,008380949	0,008380949
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,038451084	0,038451084
Matrixin kokoonpano metallijaloilla <u-so>	0	0
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	53,33279842	53,33279842
RER: ethylene vinyl acetate copolymer, at plant	0,064521851	0,064521453
RER: Polyethylene linear low density granulate (PE-LLD) PE	0,488929779	0,488929779

Liite 5. Step-työtuolin energia- ja materiaalisyötteet

[illegible]

GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
Natio: Fabric (wool 85%/ polyamid 15%)	0	0
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	0,032804407	0,032804407
RER: Polyamide 6 GF30 (PA 6 GF30) ELCD/PlasticsEurope <p-agg>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0
RER: Polyurethane flexible foam (PU) PlasticsEurope	0	0
Stepin kokoonpano <u-so>	0	0

Step-työtuoli		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	75,81747089	75,81747089
DE: Diesel PE	0,001456939	0,001456939
DE: Diesel PE	0,000425971	0,000425971
DE: Diesel PE	0,000127721	0,000127721
DE: Diesel PE	1,11E-05	1,11E-05
DE: Diesel PE	0,00129082	0,00129082
DE: Diesel PE	0,000153503	0,000153503
DE: Diesel PE	0,000255443	0,000255443
DE: Diesel PE	0,009720366	0,009720366
DE: Diesel PE	0,000208834	0,000208834
DE: Diesel PE	9,66E-05	9,66E-05
DE: Diesel PE	9,48E-05	9,48E-05
DE: Diesel PE	1,43E-05	1,43E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	8,431262044	8,431262044
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,893633097	0,893633097
DE: Heavy fuel oil PE	0,137358909	0,137358909
DE: Heavy fuel oil PE	0,002950748	0,002950748
DE: Heavy fuel oil PE	0,001365448	0,001365448
DE: Plywood board PE	0,838587244	0,838587244
DE: Steel cast part alloyed PE <p-agg>	1,783189028	1,783189028
DE: Urea formaldehyde resin in- situ foam PE	0,70960217	0,70960217
DE: Wood (natural) in municipal waste incinerator PE <p-agg>	3,122364565	3,122364565
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	2,811932189	2,811932189
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
FI: Veneer	3,674100013	3,674100013
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,002324897	0,002324897
GLO: Container ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	1,097155887	1,097155887
GLO: Container ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,02356913	0,02356913
GLO: Container ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,01090653	0,01090653
GLO: Truck PE <u-so>	0,011815885	0,011815885

GLO: Truck PE <u-so>	0,003454656	0,003454656
GLO: Truck PE <u-so>	0,001035831	0,001035831
GLO: Truck PE <u-so>	8,99E-05	8,99E-05
GLO: Truck PE <u-so>	0,010468654	0,010468654
GLO: Truck PE <u-so>	0,001244921	0,001244921
GLO: Truck PE <u-so>	0,078832923	0,078832923
GLO: Truck PE <u-so>	0,001693658	0,001693658
GLO: Truck PE <u-so>	0,000783734	0,000783734
GLO: Truck PE <u-so>	0,000768592	0,000768592
GLO: Truck PE <u-so>	0,000115721	0,000115721
Natio: Fabric (wool 85%/ polyamid 15%)	10,81038205	10,81038205
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	17,04607231	17,04607231
RER: Polyamide 6 GF30 (PA 6 GF30) ELCD/PlasticsEurope <p-agg>	2,188352579	2,188352579
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,616324827	0,616324827
RER: Polyurethane flexible foam (PU) PlasticsEurope	9,648599455	9,648599455
Stepin kokoonpano <u-so>	0	0

Liite 6. Tendo-vaakarulokaapin energia- ja materiaalisyytötteet

Tendo-vaakarulokaappi		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	86,17079178	86,17079178
DE: Cotton conventional PE	0,159680545	0,159680545
DE: Diesel PE	1,11E-05	1,11E-05
DE: Diesel PE	7,05E-06	7,05E-06
DE: Diesel PE	2,36E-06	2,36E-06
DE: Diesel PE	1,35E-08	1,35E-08
DE: Diesel PE	1,38E-07	1,38E-07
DE: Diesel PE	5,39E-07	5,39E-07
DE: Diesel PE	7,65E-08	7,65E-08
DE: Diesel PE	2,95E-08	2,95E-08
DE: Diesel PE	7,11E-07	7,11E-07
DE: Diesel PE	2,51E-07	2,51E-07
DE: Diesel PE	8,13E-08	8,13E-08
DE: Diesel PE	9,60E-07	9,60E-07
DE: Diesel PE	9,76E-08	9,76E-08
DE: Diesel PE	1,74E-06	1,74E-06
DE: Diesel PE	7,37E-08	7,37E-08
DE: Diesel PE	1,14E-05	1,14E-05
DE: Diesel PE	1,89E-06	1,89E-06
DE: Diesel PE	1,41E-07	1,41E-07
DE: Diesel PE	8,79E-09	8,79E-09
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,040927684	0,040927684
DE: Fixing material screws stainless steel PE	0,064419576	0,064419576
DE: Paint system wooden facade (Opaque) PE	0,003701457	0,003701457
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	7,33E-05	7,33E-05
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
DE: Plastic profile SBR PE	0,001266696	0,001266696
DE: Steel cast part alloyed PE <p-agg>	5,90E-05	5,90E-05
DE: Window varnish (primer wood, white) PE	0,000115171	0,000115171
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	83,62126681	83,62126681
EU-27: Polypropylene fibres (PP) ELCD/PE-GaBi	0,002992823	0,002992823
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,042751544	0,042751544
FI: Veneer	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0

GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
High density fibre board Egger (ISKU)	0,013005788	0,013005788
RER: acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant	0,004809286	0,004809286
RER: Aluminum extrusion profile (2005) EAA <p-agg>	0,003299062	0,003299062
RER: Aluminum ingot mix PE	0,004738168	0,004738168
RER: ethylene vinyl acetate copolymer, at plant	0,00274021	0,00274021
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0
Sliding door (Isku) <u-so>	0	0
Tendo <u-so>	0	0

Tendo-vaakarulokaappi		
CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	74,61577289	74,61577128
DE: Cotton conventional PE	0,07591723	0,07591723
DE: Diesel PE	0,006207973	0,006207973
DE: Diesel PE	0,003961549	0,003961549
DE: Diesel PE	0,00132268	0,00132268
DE: Diesel PE	7,58E-06	7,58E-06
DE: Diesel PE	7,77E-05	7,77E-05
DE: Diesel PE	0,000302632	0,000302632
DE: Diesel PE	4,30E-05	4,30E-05
DE: Diesel PE	1,66E-05	1,66E-05
DE: Diesel PE	0,000399416	0,000399416
DE: Diesel PE	0,000140842	0,000140842
DE: Diesel PE	4,56E-05	4,56E-05

DE: Diesel PE	0,000539007	0,000539007
DE: Diesel PE	5,48E-05	5,48E-05
DE: Diesel PE	0,000976647	0,000976647
DE: Diesel PE	4,14E-05	4,14E-05
DE: Diesel PE	0,006415545	0,006415545
DE: Diesel PE	0,001061892	0,001061892
DE: Diesel PE	7,90E-05	7,90E-05
DE: Diesel PE	4,94E-06	4,94E-06
DE: Fixing material screws galvanized PE	2,266262647	2,266262647
DE: Fixing material screws stainless steel PE	0,609287634	0,609287634
DE: Paint system wooden facade (Opaque) PE	0,654900199	0,654900199
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	11,62987624	11,62987624
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
DE: Plastic profile SBR PE	0,234783961	0,234783961
DE: Steel cast part alloyed PE <p-agg>	0,112532097	0,112532097
DE: Window varnish (primer wood, white) PE	0,047934489	0,047934489
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	33,33181567	33,33181567
EU-27: Polypropylene fibres (PP) ELCD/PE-GaBi	0,575313515	0,575313515
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,22963264	0,22963264
FI: Veneer	0,944587812	0,944587812
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00015078	0,00015078
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,001281866	0,001281866
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000376631	0,000376631
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,009664729	0,009664729
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	4,49E-05	4,49E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,050330487	0,050330487
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,032117838	0,032117838
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,010723492	0,010723492
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	6,14E-05	6,14E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00062984	0,00062984
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,002453558	0,002453558
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000348513	0,000348513
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00323822	0,00323822
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000369976	0,000369976
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,004369946	0,004369946
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00044428	0,00044428
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00791806	0,00791806
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,05201335	0,05201335
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000640615	0,000640615
High density fibre board Egger (ISKU)	0,005598692	0,005598692
RER: acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant	1,803094542	1,803094384
RER: Aluminum extrusion profile (2005) EAA <p-agg>	0,046331373	0,046331373

RER: Aluminum ingot mix PE	0,740567363	0,740567363
RER: ethylene vinyl acetate copolymer, at plant	0,236580121	0,236578662
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	9,028602472	9,028602472
Sliding door (Isku) <u-so>	0	0

Liite 7. Vertailevien laskelmien tiedot

Energia- ja materiaalisyötteet Matrixin puujalkavertailuun

Matrix-pöydän vertailu pyökkijaloilla, jolloin kalusteen kokonaispaino 44kg		
CML2001 - Dec. 07, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Input	Flows	Resources
	72,04553	72,04552681
DE: Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate mix (ABS) PE	0,000947	0,000946943
DE: Diesel PE	2,44E-07	2,44E-07
DE: Diesel PE	8,46E-06	8,46E-06
DE: Melamine PE	0,001071	0,001070786
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	6,80E-05	6,80E-05
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
DE: Timber beech (12% moisture, 10,7% H2O) PE	5,48087	5,480870395
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	8,33E-09	8,33E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,77E-05	1,77E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,67E-06	1,67E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,42E-08	3,42E-08
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	3,19E-07	3,19E-07
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	1,00995	1,009950349
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	63,35743	63,3574276
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,144384	2,144384355
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,048493	0,048493418
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Natio: Matrixin kokoonpano_puujaloilla <u-so>	0	0
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0
RER: ethylene vinyl acetate copolymer, at plant	0,000747	0,00074733

RER: Polyethylene linear low density granulate (PE-LLD) PE	0,001539	0,001539144
--	----------	-------------

CML2001 - Dec. 07, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
Output	Flows	Emissions to air
	53,76415	53,76415372
DE: Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate mix (ABS) PE	1,037766	1,037765706
DE: Diesel PE	0,000137	0,000136905
DE: Diesel PE	0,00475	0,004750082
DE: Melamine PE	2,068342	2,068341724
DE: Particle board in municipal waste incinerator PE <p-agg>	10,78625	10,78624889
DE: Plastic injection moulding part (unspecific) PE <u-so>	0	0
DE: Timber beech (12% moisture, 10,7% H2O) PE	1,403357	1,403356563
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	5,11E-06	5,11E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,010878	0,010878281
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,001022	0,001022196
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	2,10E-05	2,10E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,000196	0,000195511
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,72551	0,725510321
EU-27: Particle board ELCD/PE-GaBi	25,25458	25,25458226
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,51821	11,51820695
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	0,260474	0,260474396
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,0018	0,001799529
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	4,19E-05	4,19E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000172	0,000171775
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,089191	0,089190659
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,00111	0,001109928
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,008381	0,008380949
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,03851	0,03851028
Natio: Matrixin kokoonpano_puujaloilla <u-so>	0	0
Natio: melamin coated particle board (ISKU) <u-so>	0	0

GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
GLO: Truck PE <u-so>	0	0
Natio: Fabric (wool 85%/ polyamid 15%)	0	0
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	0,032804407	0,032804407
RER: Polyamide 6 GF30 (PA 6 GF30) ELCD/PlasticsEurope <p-agg>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0
RER: Polyurethane flexible foam (PU) PlasticsEurope	0	0
Stepin kokoonpano <u-so>	0	0

CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
kg CO2-Equiv.	Flows	Emissions to air
Output	75,53725658	75,53725658
DE: Diesel PE	0,001456939	0,001456939
DE: Diesel PE	0,000425971	0,000425971
DE: Diesel PE	0,000127721	0,000127721
DE: Diesel PE	1,11E-05	1,11E-05
DE: Diesel PE	0,00129082	0,00129082
DE: Diesel PE	0,000153503	0,000153503
DE: Diesel PE	0,000255443	0,000255443
DE: Diesel PE	0,104574938	0,104574938
DE: Diesel PE	0,002246704	0,002246704
DE: Diesel PE	0,001039654	0,001039654
DE: Diesel PE	9,48E-05	9,48E-05
DE: Diesel PE	1,43E-05	1,43E-05
DE: Diesel PE	0,009771094	0,009771094
DE: Diesel PE	0,000209924	0,000209924
DE: Diesel PE	9,71E-05	9,71E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	8,431262044	8,431262044
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,893633097	0,893633097
DE: Plywood board PE	0,838587244	0,838587244
DE: Steel cast part alloyed PE <p-agg>	1,783189028	1,783189028
DE: Urea formaldehyde resin in- situ foam PE	0,70960217	0,70960217
DE: Wood (natural) in municipal waste incinerator PE <p-agg>	3,122364565	3,122364565
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	2,811932189	2,811932189
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
FI: Veneer	3,674100013	3,674100013
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,002324897	0,002324897
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,088930831	0,088930831

GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,001910603	0,001910603
GLO: Average ship ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000884125	0,000884125
GLO: Truck PE <u-so>	0,011815885	0,011815885
GLO: Truck PE <u-so>	0,003454656	0,003454656
GLO: Truck PE <u-so>	0,001035831	0,001035831
GLO: Truck PE <u-so>	8,99E-05	8,99E-05
GLO: Truck PE <u-so>	0,010468654	0,010468654
GLO: Truck PE <u-so>	0,001244921	0,001244921
GLO: Truck PE <u-so>	0,848110865	0,848110865
GLO: Truck PE <u-so>	0,008431675	0,008431675
GLO: Truck PE <u-so>	0,000768592	0,000768592
GLO: Truck PE <u-so>	0,000115721	0,000115721
GLO: Truck PE <u-so>	0,018220942	0,018220942
Natio: Fabric (wool 85%/ polyamid 15%)	10,81038205	10,81038205
Powder coating of metal (ISKU) <p-agg>	17,04607231	17,04607231
RER: Polyamide 6 GF30 (PA 6 GF30) ELCD/PlasticsEurope <p-agg>	2,188352579	2,188352579
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,616324827	0,616324827
RER: Polyurethane flexible foam (PU) PlasticsEurope	9,648599455	9,648599455
Stepin kokoonpano <u-so>	0	0

Energia- ja materiaalisyytteen Prima-pöydän kannen ollessa havupuusta valmistettu

CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
kg CO2-Equiv.	Flows	Resources
Input	16,21079271	16,21079271
DE: Diesel PE	5,13E-08	5,13E-08
DE: Diesel PE	1,55E-07	1,55E-07
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	0,000255459	0,000255459
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,003898365	0,003898365
DE: Laminated woodboard softwood PE	13,30039319	13,30039319
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	0,002721908	0,002721908
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,67E-06	6,67E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,27E-07	1,27E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	9,23E-09	9,23E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,53E-06	6,53E-06
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,641238317	0,641238317
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,057366007	0,057366007
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0

GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Prima kokopuinen kansi <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0

CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
kg CO2-Equiv.	Flows	Emissions to air
Output	37,44947586	37,44947586
DE: Diesel PE	2,88E-05	2,88E-05
DE: Diesel PE	8,69E-05	8,69E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	3,960138233	3,960138233
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,21586166	0,21586166
DE: Laminated woodboard softwood PE	4,230236883	4,230236883
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	1,41437832	1,41437832
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,004089748	0,004089748
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,79E-05	7,79E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	5,66E-06	5,66E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,004001326	0,004001326
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,460594953	0,460594953
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
GLO: Steel welded pipe worldsteel	14,71117641	14,71117641
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,033531988	0,033531988
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000233702	0,000233702
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000638473	0,000638473
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000704716	0,000704716
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	4,64E-05	4,64E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,032807011	0,032807011
Prima kokopuinen kansi <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,53755985	0,53755985

Energia- ja materiaalisyötteet Prima-pöydän kannen ollessa LVL-materiaalista.

CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
kg CO2-Equiv.	Flows	Resources
Input	25,02541793	25,02541793
DE: Diesel PE	5,13E-08	5,13E-08
DE: Diesel PE	1,55E-07	1,55E-07
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	0,000255459	0,000255459
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,003898365	0,003898365
DE: Laminated veneer lumber PE	22,11501841	22,11501841
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	0,002721908	0,002721908
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,67E-06	6,67E-06

EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	1,27E-07	1,27E-07
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	9,23E-09	9,23E-09
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	6,53E-06	6,53E-06
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,641238317	0,641238317
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	2,20490593	2,20490593
GLO: Steel welded pipe worldsteel	0,057366007	0,057366007
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0	0
Prima kokopuinen kansi <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0	0

CML2001 - Nov. 09, Global Warming Potential (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]		
kg CO2-Equiv.	Flows	Emissions to air
Output	51,98230735	51,98230735
DE: Diesel PE	2,88E-05	2,88E-05
DE: Diesel PE	8,69E-05	8,69E-05
DE: Elastomer joint tape, polyurethane PE	3,960138233	3,960138233
DE: Fixing material screws galvanized PE	0,21586166	0,21586166
DE: Laminated veneer lumber PE	18,76306837	18,76306837
DE: Powder coating of metal PE <p-agg>	1,41437832	1,41437832
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,004089748	0,004089748
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	7,79E-05	7,79E-05
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	5,66E-06	5,66E-06
EU-15: Diesel ELCD/PE-GaBi	0,004001326	0,004001326
EU-25: Corrugated board boxes ELCD/FEFCO	0,460594953	0,460594953
FI: Power grid mix ELCD/PE-GaBi	11,84327688	11,84327688
GLO: Steel welded pipe worldsteel	14,71117641	14,71117641
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,033531988	0,033531988
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000233702	0,000233702
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000638473	0,000638473
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,000704716	0,000704716
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	4,64E-05	4,64E-05
GLO: Truck ELCD/PE-GaBi <u-so>	0,032807011	0,032807011
Prima kokopuinen kansi <u-so>	0	0
RER: Polypropylene injection moulding part (PP) PlasticsEurope	0,53755985	0,53755985

Liite 8. Hiilivaraston laskemiseen käytetyt tiedot

	Prima- tuoli	Prima- pulpetti	Prima- pöytä	Tendo- kaappi	Matrix- työpöytä	Step- työtuoli
Kosteus [%]	10	10	10	10	10	10
Puuperäisten osien massa [kg]	12,17	5,61	6,379	42,612	25,099	1,822
M(CO2) [kg]	20,302	12,777	10,641	71,085	41,870	3,040
Hiilijalanjälki [kg CO2 ekv]	42,408	39,887	41,211	74,699	202,363	75,910

Liite 9. Kalusteiden inventaariotiedot ja käytetyt tietokannat

Prima-Pulpetti	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Prima-pulpetin jalan pystyputki	840	g	World Steel Association
Prima-pulpetin oikea jalkapukki	984	g	World Steel Association
Prima-pulpetin tallaputki	642	g	World Steel Association
Prima-pulpetin vasen jalkapukki	984	g	World Steel Association
Prima-pulpetin jalan leveän yläosan yläsarja	536	g	World Steel Association
Prima-pulpetin jalan alasarja, sinkitty	656	g	World Steel Association
Prima-jalkanastat	20,4	g	Plastics Europe
Prima-jalkatulpat	87,2	g	Plastics Europe
Laatikon kiinnityslevy	324	g	PE International
Puristemutterit	4,2	g	PE International
Reppukoukku	36	g	PE International
Pulpetin saranapari, sinkitty	688	g	PE International
Prima-pulpetin jalan alasarjan aihio	988	g	PE International
Prima-pulpetin puuosat	4960	g	RT-seloste pinnoittamaton koivuvaneri, nro 34
MDF-levy, sis hukan	3910	g	PE International
Kannen tukilanka (8 mm), sinkitty	100	g	PE International
O-renkaat	8,4	g	PE International
Aaltopahvi	200	g	ELCD
Pakkausvanne	10,54	g	Plastics Europe
Lakat	486	g	PE International
Yleisruuvit	60	g	PE International
Kuusiokoloruuvit	11,7	g	PE International

Prima-pöytä	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Prima-työpöydän jalan pystyputki	840	g	World Steel Association
Prima-työpöydän jalan yläosan oikea yläkaari	638	g	World Steel Association
Prima-työpöydän jalan yläosan säätöputki	680	g	World Steel Association
Prima-työpöydän jalan yläosan vasen yläkaari	546	g	World Steel Association
Prima-työpöydän jalan yläosan yläsarja	578	g	World Steel Association
Prima-työpöydän oikea jalkapukki	984	g	World Steel Association
Prima-työpöydän jalan alasarja, sinkitty	688	g	World Steel Association
Reunavalueine	127	g	Plastics Europe
Prima-työpöydän jalkapukkiaihio	988	g	PE International
Peitetulpt	13,2	g	PE International
Prima-jalkanastat	20,4	g	Plastics Europe
Prima-jalkatulpat	87,2	g	Plastics Europe
Reppukoukku	18	g	PE International
Kannen kiinnike	68,3	g	PE International

Lakat	380	g	PE International
Aaltopahvi	200	g	ELCD
Pakkausvanne	10,54	g	Plastics Europe
Päällystetty lastulevy, sis. hukan	6378	g	PE International
Yleisruuvi, sinkitty	25,2	g	PE International
Kuusiokoloruuvit	11,6	g	PE International

Prima-oppilastuoli	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Prima-oppilastuolin jalkaosa	1946	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin alaosa	592	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin alaosan tallaputki	312	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin alaosan välisarja	226	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin alaosan pystyputki	2192	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin yläosa puuosille	133	g	World Steel Association
Prima-oppilastuolin yläosan istuinputki	680	g	World Steel Association
Välitanko, pyörö-malli	1560	g	World Steel Association
Muotopuristeliimaseos	1200	g	PE International
Aaltopahvi	200	g	ELCD
Pakkausmuovi	300	g	Plastics Europe
Koivuviilu, sis. hukan	12,35	m2	PE International
Rullalaminaatti, koivu	6,71	m2	PE International
Lakat	48	g	PE International
Kuusiokoloruuvit	44,6	g	PE International

Matrix-toimistotyöpöytä	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Ritilä, metalli	114,7	g	World Steel Association
Moottorin laatikko (laskettu metallina)	1731	g	World Steel Association
Johto	133,2	g	World Steel Association
Virtajohto	255,5	g	World Steel Association
Ohjauspaneeli	53,9	g	World Steel Association
Tulpat, ruuvit ja helat	98,86	g	World Steel Association
Matrix (2061 T EL 650) pyöreät putkijalat	23200	g	World Steel Association
Matrix (2056 T) jalat	18000	g	World Steel Association
Matrix (2056 T EL) asennushelat jaloille	32,46	g	World Steel Association
Sulateliima, valkoinen	30	g	PE International
Aaltopahvi	630	g	ELCD
Muoviset kulmasuojat	28	g	Plastics Europe
Pinnoitettu lastulevy, sis. hukan	1,78	m2	PE International
ABS-reunanauha, valkoinen	5,45	m2	PE International

Tendo-vaakarulokaappi	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Muovisokkeli	2028,9	g	PE International
Tukiputki, metallia	675,5	g	PE International
Lukkorunko ja lukon muut osat	59	g	EAA
Peitetulpat	19,4	g	PE International
Kannattimen ruuvit	73,5	g	PE International
Kulmarauta	11,9	g	PE International
Poratapit	22,2	g	PE International
Vaakarulon päätytulppa	6,4	g	ELCD
Vaakarulon lukon vastakappale	6,2	g	PE International
Taustan lista	199,5	g	PE International
Pystylistä vaakarulo	216	g	PE International
Tendo rulo-oven aihio, koivu	0,56	m ²	Puuvilla PE International, viilu Ecoinvent
Vaakarulon kierrukkapari	143	g	PE International
Vaakarulon ala- ja yläliukulistat	186	g	PE International
Vetimen päätykappale	1,9	g	PE International
Vaakarulon vedin	364,8	g	PE International
Liimat	110	g	PE International
Pakkausmuovi	70	g	PlasticsEurope
Pakkauskulmat	28	g	PlasticsEurope
Maalattu HDF-levy	1,76	m ²	ELCD
Melamiinipinnoitetut lastulevyt, sis hukan	4,59	m ²	EGGER
Lakat	64,06	g	ELCD
UV-pasta	211,03	g	PE International
ABS-reunanauhat	18,33	m	PE International
Yleisruuvit, sinkitty	15,8	g	PE International

Step-työtuoli	Paino	Yksikkö	Tietokanta
Käsinojapari	162,5	g	PE International
Kangaspäälliset	364,2	g	Dahlöf, väitöskirja
Istuimen 2valu- ja muoviosa	1796	g	PE International
Selän naulauslista	0,009	m ²	PE International
Selkäosa	2122		PE International
Selän satonen	803,8	g	PE International
Metalliosat kalustepyörään	64,2	g	PE International
Muoviosat kalustepyörään	69	g	PlasticsEurope
Kaasu-jousi, osa keskiputkea	915,6		PE International
Mekanismi	6700		PlasticsEurope
Muovinen ristikko	2033,2		PlasticsEurope

Selän tamppi	11,4		PE International
Liukuohjain	8,9		PE International
Step työtuolin selän säätöosat	1692,5		PE International
Työtuolin satonen	10,6		PE International
Liimat	0,44	kg	PE International
Lyöntimutterit, kuusiokoloruuvit ja yleisruuvit	313,8	g	PE International
Aaltopahvi	2442	g	ELCD
Pakkausvanne	22,44		PlasticsEurope
Koivuviilut	5,57	m2	Ecoinvent
Koivuvaneri (6,5 mm)	2,34	m2	PE International
Vaahtomuovi	14,2	g	PlasticsEurope
Käsinojaparin kiinnityslevy	3442,5	g	PE International

Puu - 28

Aalto-yliopisto
Kemian tekniikan korkeakoulu
Puunjalostustekniikan kirjasto